

ネットワーク接続管理技術を利用した機器の稼働時間推定手法 Estimating active period of networked devices using connection management techniques

庄子 祐亮[†] 角田 裕[†] 松田 勝敬[†]
Yuusuke Syouji Tsunoda Hiroshi Matsuda Masahiro

1. はじめに

地球温暖化の対策のひとつとして環境負荷軽減のために省電力化が求められている。その一方で、IT 機器についてはその数が年々増加し、年間消費電力量は 2025 年には 2,400 億 kWh に及ぶと予想されており[1]、その省電力化が重要な課題となっている。省電力化にはまず、各機器の稼働時間の把握が必要である。我々はこれまでに、ネットワークに接続された機器が稼働中に送信する ARP 要求から稼働時間を推定できることを示している[2]。しかし、稼働終了時点の判断が困難であり、推定稼働時間の精度に課題がある。そこで本稿では、稼働終了の判断方法として ping による到達性確認を取り入れた稼働時間の推定精度向上手法を提案し、実験によりその有効性と課題を検証する。

2. パケット情報を用いた機器の稼働時間推定

ネットワーク接続管理技術を利用した稼働時間の推定には、機器自体のログ、スイッチなどが持つ管理情報、ネットワーク中のパケット情報などを用いる[2]。この中で、我々は情報の入手のしやすさを重視し、パケット情報を用いた稼働時間の推定に注目している。推定方式は、パケットの観測方式により Passive 方式と Active 方式に分けられる。

2.1 Passive 方式による推定

プローブパケットを送信せず、ネットワークを定常的に流れるパケットに着目して推定する方式である。我々はブロードキャストされる ARP 要求に着目し機器の稼働時間の推定を行ってきた[2]。ARP 要求はレイヤ 2 のアドレス解決のためのパケットであり、このパケットの送信元の機器は通信を試みようとしていること、すなわち稼働していることを表す。

Passive 方式による推定方法を、図 1 の機器の状態遷移図を用いて説明する。まず、推定対象の機器からの ARP 要求が観測されると、その機器の状態は稼働中へ遷移する。その後 ARP 要求が継続的に観測されている場合は稼働中の状態に留まる。ARP 要求が一定時間 T_p 以上観測されなければ、観測タイムアウトとして状態は未稼働へ遷移する。

多くの機器は起動時にアドレス重複検知やルータのアドレス解決のために ARP 要求を送信するため、Passive 方式による推定では起動時刻を比較的正確に推定できる。また、ARP 要求はブロードキャストされるため、その観測は非常に容易であることが利点である。

ただし、稼働終了時刻は ARP 要求の観測タイムアウトに基づいており、稼働時間を短く推定してしまうことを避けるために T_p をある程度大きい値に設定する必要がある。その結果、稼働終了時刻の推定精度が低いという欠点がある。

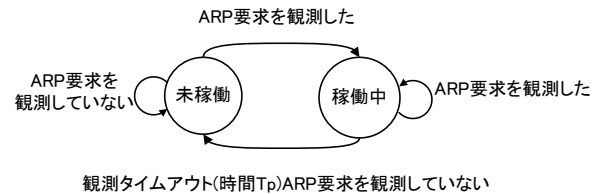


図 1 状態遷移図による Passive 方式の表現

2.2 Active 方式による推定

Active 方式による推定では、ICMP エコー要などのプローブパケットを一定間隔 T_a 毎に送信し、その応答パケットを観測する。そして応答があれば稼働中であり、無ければ未稼働と判断する。

この方式は、プローブパケットへの応答が無いことが稼働終了の判断基準となるため、終了を確実に判断することができる。しかし、Active 方式ではネットワークの全アドレスに対して定期的にプローブパケットを送信しなければならない。そのプローブパケットの送信間隔を縮めれば縮めるほど稼働時間の推定の精度を上げることができる一方で、トラフィックオーバーヘッドは増加するという欠点がある。

3. 稼働時間推定手法の提案

2.1 節と 2.2 節で述べた各方式の欠点を補うため、稼働開始の判断に適していた Passive 方式と稼働終了の判断に適した Active 方式を組み合わせた Hybrid な方式による稼働時間推定手法を提案する。

図 2 は提案方式における機器の状態遷移図である。提案方式は Passive 方式を基本とし、稼働中の機器の稼働が終了したかどうかの判断のためにのみプローブパケットを送信する。まず推定対象の機器からの ARP 要求を観測した場合、その機器の状態は稼働中へ遷移する。その後 ARP 要求が継続的に観測されている場合は稼働中の状態を維持し、一定時間 T_h 以上 ARP 要求が観測されなかった場合に判断中へ遷移しプローブパケットを送信し、応答の有無から未稼働であるか稼働中であるかを判断する。なお、提案方式では、未稼働状態から稼働中状態に遷移し、再び未稼働状態に戻るまでの時間を機器の稼働時間と定義する。

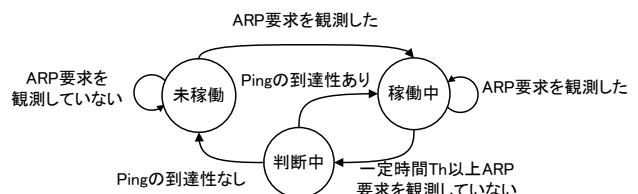


図 2 状態遷移図による Hybrid 方式の表現

提案方式では、プローブパケットの送信先は稼働中の機器のみであり、かつ一定時間 ARP 要求を送信していない

[†] 東北工業大学 Tohoku Institute of Technology

場合にのみ送信するため Active 方式と比べてトラフィックオーバーヘッドを削減できる。また、プローブパケットへの応答が無ければその時点で未稼働と判断するため、Passive 方式と比較して稼働終了時刻の推定精度を上げることができる。

4. ARP 要求の送信間隔の調査

本節では、各方式の性能評価に先立ち、機器の稼働中における ARP 要求の送信間隔について調査し、Passive 方式、Active 方式、提案方式における各パラメータ T_p , T_a , T_h を決定する。著者らの所属研究室において、2013 年 6 月 11 日から 19 日の 9 日間に、あるユーザ端末(Xubuntu Linux 12.10)が送信する ARP 要求の送信間隔を調査した。ARP 要求の送信間隔のヒストグラムを図 3 に示す。

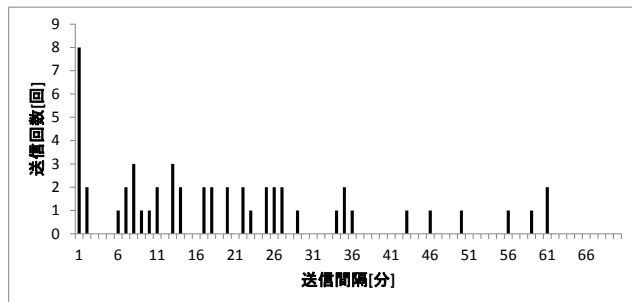


図 3 端末が送信した ARP 要求の送信間隔のヒストグラム

この結果から、ARP 要求は 1 分以下の間隔で送信されることが最も多いが、最大では 61 分間隔で送信されることがわかった。そこで、Passive 方式における ARP パケットの観測タイムアウト T_p を 65 分に設定する。また、提案方式でプローブパケットの送信を始めるまでの時間 T_h は 61 分を超えない範囲の 1 分、5 分、10 分、15 分、30 分間隔の 5 種類とし、条件を合わせるため Active 方式のプローブパケット送信間隔 T_a も同様の設定とした。

5. 性能評価

4 節で ARP 要求の送信間隔の調査をしたユーザ端末において各方式の性能を以下の評価指標に基づき評価する。Active 方式と提案方式のプローブパケットとして、ping コマンドにより送信する ICMP エコー要求を用いる。実稼働時間は対象端末の起動・終了に合わせて起動・終了する syslog デーモンが起動時と終了時に出力するログから算出した。

- 実稼働時間と推定稼働時間の誤差
- 送信した総プローブパケット数

各方式の性能比較表を表 1 に示す。

Passive 方式の総プローブパケット数は 0 であり、推定稼働時間の誤差は 64 分となった。これは、観測タイムアウト T_p が 65 分であることから妥当な結果といえる。Active 方式の推定稼働時間の誤差は 0 分～5 分、提案方式による稼働時間の推定誤差は、0 分～30 分となっている。

提案方式は、Active 方式に比べると劣るものの Passive 方式と比較すると誤差を大幅に減少できている。また、提

案方式は、Active 方式に比べると総プローブパケット数を 67%～94%程度削減できている。

表 1 各方式の性能比較表

T_p , T_a , T_h		1分	5分	10分	15分	30分	65分
推定稼働時間の誤差[分]	Active	0	0	5	5	5	
	Hybrid	1	5	10	15	30	
	Passive						65
総プローブパケット数	Active	1440	288	144	96	48	
	Hybrid	377	84	40	23	3	
	Passive						0

図 4 に Passive 方式、Active 方式、提案方式の評価結果を示す。図 4 の縦軸を実稼働時間と推定稼働時間の誤差、横軸は送信した総プローブパケット数であり、左下にプロットされるほど推定方式の性能が優れていることを示す。

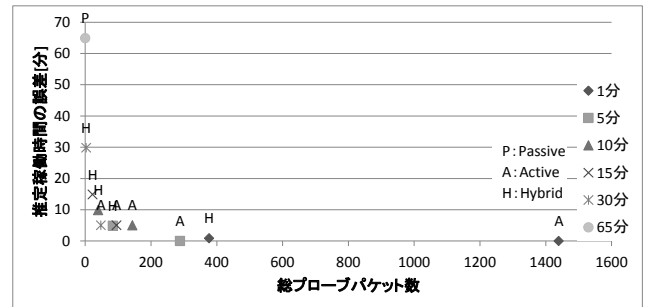


図 4 推定稼働時間の誤差と総プローブパケット数

各方式の性能評価を通じて、提案方式は Passive 方式よりも稼働時間の推定精度が高く、Active 方式よりもプローブパケットによるトラフィックオーバーヘッドを削減することが可能であることを確認した。

しかし、今回の評価実験は推定対象の端末が 1 台のみであるため、今後は、複数台の端末や Linux 以外の OS での稼働時間の推定を行い、一般性について検証を進める。

6. まとめ

本稿では、我々がこれまでに行ってきた Passive 方式に Active 方式を組み合わせた稼働時間推定方式を提案した。そして、実験により提案方式は稼働時間の推定精度が Passive 方式よりも向上し、トラフィックオーバーヘッドを Active 方式よりも小さくすることが可能であることを確認した。今後は多様な環境においての評価実験を行い、提案手法の一般性を検証すると共に、提案手法の改善に取り組む予定である。

謝辞

本研究の一部は総務省 ICT グリーンイノベーション推進事業(PREDICT-115102001)の援助により実施された。

参考文献

- [1] 経済産業省, “グリーン IT イニシアティブ (第 2 回)”, http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80520c03_j.pdf.
- [2] Hiroshi TSUNODA, Masahiro MATSUDA, Yuusuke SYOUI, Kohei OHTA, and Glenn Mansfield Keeni, “Detecting Active Devices in Intranets Using Existing Network Management Information”, International Journal of Energy, Information and Communications Vol. 4, Issue 2, April, 2013