

修士学位論文要約（令和4年3月）

シグナリングパラメータ制御によるモバイルコアネットワークノードの資源管理に関する研究

松山 優気

指導教員：長谷川 剛， 学位論文指導教員：北形 元

Resource Management of Mobile Core Network Nodes by Controlling Signaling Parameters

Yuki MATSUYAMA

Supervisor: Go HASEGAWA, Research Advisor: Gen KITAGATA

In recent years, the load of mobile core network nodes has been volatile over time. In this research, we evaluated the performance of the existing method to increase the number of accommodating terminals by effectively using the CPU and memory resources of the mobile core node, assuming a realistic environment. As a result, it was pointed out that the CPU load of MME increases by continuously updating the Idle timer even when the number of connected terminals is extremely small. To solve the problem, he proposed a method to update the Idle timer as needed and evaluated its effectiveness. As a result, he can reduce the maximum CPU usage of MME by 54% compared to the conventional method. We also evaluated the effect of communication burst and showed that by applying the proposed method, CPU usage and memory usage can be reduced in a well-balanced manner regardless of communication burst.

1. はじめに

モバイルネットワーク事業者は、収容端末数や接続頻度に応じて資源割り当てを行う必要がある。主なノード資源として、CPU およびメモリが挙げられる。これらのノード資源は、どちらか一方が枯渇するとそれ以上端末を収容することができない。近年、接続台数や分布の予測が困難な IoT 端末の増加や、新しい端末状態[1,2] の導入により、ノードの負荷の時間的な変動が激しくなっている。ここで、収容可能な端末台数を増加するために、変動するモバイルコアノードの負荷に応じて端末通信時の制御プロトコルの動作パラメータを制御することによって、ノードに割り当てられている資源を効率的に利用する方式が提案されている[3]。本研究では、[3] の方式を、実環境を想定した通信モデルを用いて評価し、その問題点を明らかにする。さらに、その問題点を解決するための改良手法を提案する。

2. モバイルコアノードの資源調整機構

図1に、UEの状態遷移図を示す。Idle状態のUEは、データ送信要求が発生するとConnected状態へ遷移する。その後、Inactiveタイマを起動し、そのタイマが切れるまでデータの送受信が発生しなければ、ConnectedInactive状態へ遷移する。この状態においては、UEはネットワークから切断されているが、モバイルコアノードがセッション情報をメモリに保持している。ConnectedInactive状態のUEは、データ送信的タイミングで再びConnected状態へ遷移する。この時、送信データ量が小さい場合は、状態遷移することなくデ

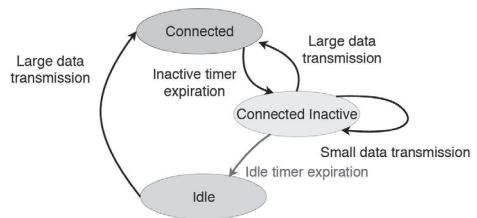


図1: UEの状態遷移[3]

ータ送信が行われる。図中に赤で示された状態遷移は、Inactiveタイマとは別に導入するIdleタイマによって制御される。UEがデータの送受信を終了したタイミングでIdleタイマが起動し、Idleタイマが切れるまでデータの送受信が発生しなければ、そのUEはIdle状態へ遷移する。したがって、その端末のセッション情報は破棄されるため、メモリ負荷が軽減する一方、Idle状態への遷移、及びその後が発生するConnected状態への遷移の際にシグナリングが行われるため、CPU負荷が発生する。文献[3]の手法では、モバイルコアノードのCPUとメモリの使用量を継続的に監視し、その使用率に応じて、通信が終了した端末に対して設定されるIdleタイマの長さを調整する。

3. 評価方法

本研究では、様々なアプリケーションにおける実際の端末の動作ログに基づき、その端末がセルラネットワークに接続して通信を行うことを想定し、モバイルコアネットワークのMMEノードのCPU負荷とメモリ使用量を模擬することによって、性能評価を行った。

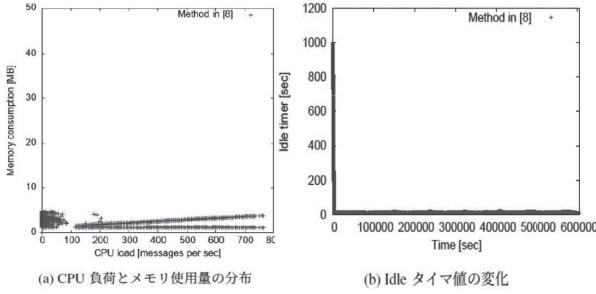


図 2: 既存手法の評価結果

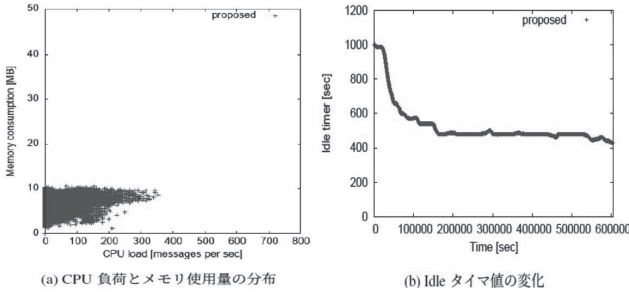


図 3: 提案手法の評価結果

4. 既存手法の評価結果

図 2 に Idle タイマの調整に既存手法[3] を適用した場合の評価結果を示す。図 2-a においては、MME ノードの CPU 負荷とメモリ使用量をそれぞれ横軸と縦軸とし、1 秒毎の観測結果を点としてプロットしている。図 2-b においては横軸を時刻、縦軸を Idle タイマの値とし、1 秒毎に Idle タイマの値をプロットしている。既存手法を適用した場合、端末の接続数が少なく、通信負荷が小さい場合でも Idle タイマの更新が行われ、タイマの値が小さく設定された。その結果、通信周期が比較的短い端末であっても、状態遷移にともなうシグナリングが発生し、CPU 負荷が増大した。

5. 提案手法と評価結果

本研究における提案手法では、通信負荷が小さい場合においても Idle タイマの更新が行われ、Idle タイマの設定値が不適切になることを防ぐため、CPU 負荷とメモリ使用量に対して、Idle タイマを更新するかどうかの閾値を導入する。これにより、Idle タイマ値が変化しないため、その後、それまでと同様の通信特性を持つ端末が接続された場合に、CPU 負荷の増大を抑えることができる。図 3 に提案手法を適用した場合の結果を示す。提案手法を適用することで、Idle タイマの過剰な更新を防ぎ、CPU 負荷を最大で 54% 削減することができた。

また、端末の通信時刻を、記録されている分単位の時刻における 00 [s]~b [s] の間でランダムに設定することにより、通信のバースト性が異なるデータセットを作成し、提案手法の評価を行なった。図 4 にその

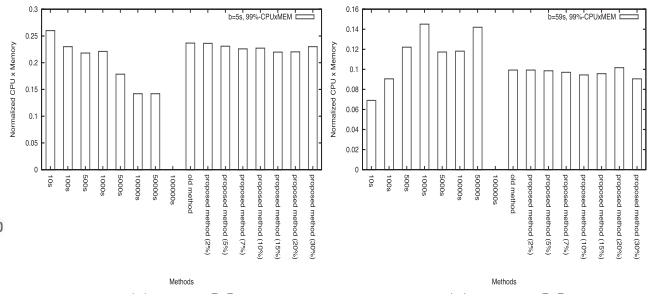


図 4: 通信のバースト性が与える影響

結果($b = 5, 59$ [s])を示す。横軸が Idle タイマの調整方法、縦軸が CPU とメモリ使用率の積の 99% 値を示している。CPU とメモリ使用率の積を評価したのは、両者の使用率をバランスよく削減できているかを評価するためである。Idle タイマを固定的に設定した場合、その値によって結果が大きく変動しているが、提案手法を適用した場合は、閾値の設定値に依らず、通信のバースト性による影響を抑え、CPU とメモリの使用率をバランスよく削減できている。

6. まとめ

本研究においては、モバイルコアノードの CPU とメモリ資源を有効に利用して収容可能端末数を増加させる既存手法の性能評価の結果、接続端末数が極めて少ない状況においても Idle タイマが継続的に更新されることにより、MME の CPU 負荷が増大することを指摘した。その問題を解決するための手法として、Idle タイマの更新を必要に応じて行う手法を提案し、その有効性を評価した結果、従来手法に比べて MME の CPU 使用率の最大値を 54% 削減できることを示した。また、通信のバースト性が与える影響について評価し、提案手法を適用することで、通信のバースト性に依らず CPU 使用率とメモリ使用率をバランスよく削減できることを示した。

文献

- 1) M. Saily S. Hailu and O. Tirkkonen. RRC state handling for 5G. IEEE Communications Magazine, Vol. 57, No. 1, pp. 106–113, Jan 2019.
- 2) M. Saily L. Da Silva, S. Hailu. A novel state model for 5G radio access networks. in Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Communications Workshops, pp. 632–637, May 2016.
- 3) 長谷川剛村田正幸安達智哉. モバイルコアネットワークのノード資源利用の効率化のためのシグナリング制御手法. 電子情報通信学会技術研究報告(CQ2019-141), Vol. 119, pp. 35–40, March 2020.