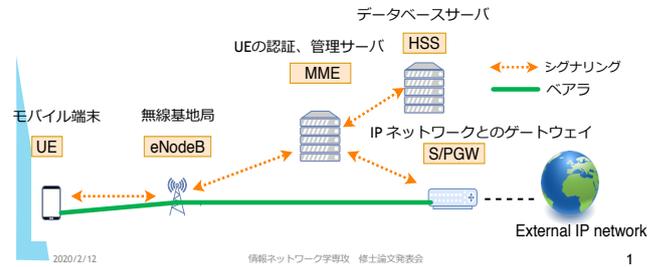


Adaptive Signaling Control Method for Efficient Resource Utilization of Mobile Core Networks

情報ネットワーク学専攻 松岡研究室
安達智哉

モバイルコアネットワーク

- ▶ 端末がデータを送信する前に、ベアラ (論理的なデータの伝送路) を端末毎に確立する
- ▶ ベアラの確立のために、多数の制御メッセージが伝搬、処理される



研究背景

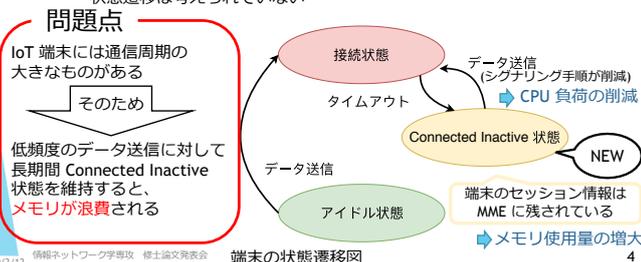
- ▶ 収容端末台数や通信特性などに依存する需要に応じて、モバイルコアノードに資源を割り当てる必要がある
 - ▶ CPU 資源 (シグナリングメッセージの処理)
 - ▶ メモリ資源 (端末のセッション情報保持)
- ↓ しかし ↓
- ▶ 従来の端末とは通信特性の異なる IoT 端末が急増しており、大量の IoT 端末を収容した際に必要となる資源量の予測は困難
 - ▶ 資源利用が従来とは異なる、**新たな状態の導入**により、メモリ資源が浪費される可能性がある

研究目的

- ▶ IoT 端末の増加、新たな端末状態の導入により、効率的なサーバ資源の割り当てが難しくなる
 - ▶ **サーバ資源に対する需要そのものを** 適応的に制御する手法を提案
 - ▶ モバイルコアネットワークの負荷に応じて端末の状態遷移を制御
- 目的
- ・ CPU とメモリの資源需要を制御し、割り当てられたサーバ資源の利用効率を向上する
 - ・ サーバ資源の増強をすることなく、収容可能な端末台数を向上する
- ▶ 端末収容能力の拡大効果を数学的解析により評価
 - ▶ 適応的制御の効果をシミュレーションにより評価

端末の新たな状態 (Connected Inactive)

- ▶ 3GPP TR 38.804 等で導入が検討されている新たな状態
 - ▶ 端末はネットワークから切り離されているが、モバイルコアネットワークは端末のセッション情報を **メモリに保持している状態**
 - ▶ 接続状態に遷移する際の **シグナリング手順が削減** される
 - ▶ 現在、Connected Inactive 状態から Idle 状態への状態遷移は考えられていない

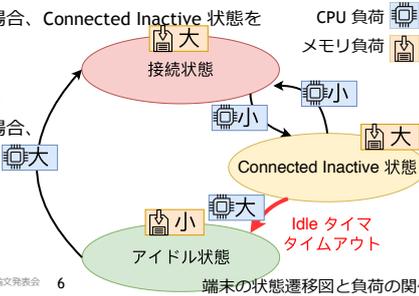


提案手法 (1)

- ▶ Connected Inactive 状態の端末をアイドル状態へ遷移させる新たな状態遷移を導入
 - ▶ データ送信が完了した端末は、Idle タイマを起動
 - ▶ Idle タイマが切れるまでに次のデータ送信が発生しなければ、アイドル状態へ遷移
 - ▶ Idle タイマが大きい場合、Connected Inactive 状態を維持する端末が増加
 - ▶ CPU 負荷が減少
 - ▶ メモリ使用量が増加
 - ▶ Idle タイマが小さい場合、アイドル状態へ遷移する端末が増加
 - ▶ CPU 負荷が増加
 - ▶ メモリ使用量が減少
- Idle タイマ タイムアウト
-
- 接続状態
データ送信
タイムアウト
- Connected Inactive 状態
データ送信
- アイドル状態
データ送信
- 2020/2/12 情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会 5 端末の状態遷移図 (提案手法)

提案手法 (1)

- ▶ Connected Inactive 状態の端末をアイドル状態へ遷移させる新たな状態遷移を導入
 - ▶ データ送信が完了した端末は、Idle タイマを起動
 - ▶ Idle タイマが切れるまでに次のデータ送信が発生しなければ、アイドル状態へ遷移
- ▶ Idle タイマが大きい場合、Connected Inactive 状態を維持する端末が増加
 - ▶ CPU 負荷が減少
 - ▶ メモリ使用量が増加
- ▶ Idle タイマが小さい場合、アイドル状態へ遷移する端末が増加
 - ▶ CPU 負荷が増加
 - ▶ メモリ使用量が減少

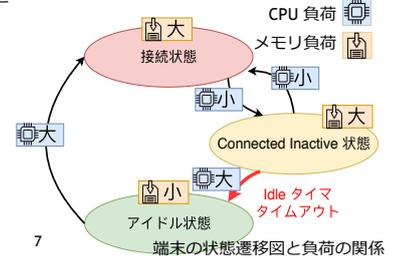


2020/2/12 情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会 6

端末の状態遷移図と負荷の関係

提案手法 (2)

- ▶ MME の CPU およびメモリ負荷を監視し、**適応的に Idle タイマを調整**
 - ▶ 収容可能な端末台数を最大化するように、PID 制御に基づき制御
 - ▶ 端末がデータ送信を行う際に、最新の Idle タイマの値を端末ごとに設定する



2020/2/12 情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会 7

端末の状態遷移図と負荷の関係

評価方法と評価指標

- ▶ 評価方法
 - ▶ 3GPP の標準や過去の実験結果に基づく数学的解析
 - ▶ 最適な Idle タイマの制御で、端末収容能力が**最大 2.5 倍**
 - ▶ **しかし** 現実の環境では、収容台数や通信特性により、最適な Idle タイマは時間的に変動
 - ▶ 端末のデータ送信や状態遷移等の挙動と、MME の CPU 及びメモリ負荷の変化を模擬するシミュレータを構築
 - ▶ **時間的に変動する環境において適応的の制御の効果有効性を評価**

▶ 評価指標

- ▶ CPU 負荷 : 1 秒あたりに MME が処理するシグナリング数
- ▶ メモリ使用量 : MME が保持する端末のセッション情報のサイズ
- ▶ 収容可能な端末台数

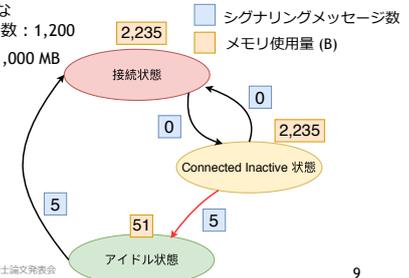
2020/2/12

情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

8

パラメータ設定

- ▶ 端末の状態遷移に伴うシグナリングメッセージ数は 3GPP 標準および我々の過去の実験結果に基づき設定
- ▶ 端末の状態に応じた MME のメモリ使用量は、OpenAirInterface のソースコードに基づき設定
- ▶ MME ノードの性能は、我々の過去の実験結果に基づき設定
 - ▶ CPU が1秒間に処理可能なシグナリングメッセージ数: 1,200
 - ▶ MME のメモリサイズ: 1,000 MB



2020/2/12

情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

9

評価シナリオ

時刻 0 秒 (初期状態)

- ▶ 端末台数: 240,000 台
- ▶ Idle タイマ: 2,017 秒

初期状態における端末の通信周期の分布

| 端末台数 | 通信周期 | | | | 合計 |
|------|------|------|------|---------|---------|
| | 10 s | 20 s | 30 s | 6,000 s | |
| 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 240,000 |

- ▶ 時刻 60,000 秒 ~ 72,000 秒 および 100,000 秒 ~ 112,000 秒
新しく通信周期 6,000 秒の端末がそれぞれ 320,000 台、120,000 台接続
- ▶ 時刻 140,000 秒 ~ 152,000 秒
▶ 新たに接続した端末がネットワークから切り離される

2020/2/12

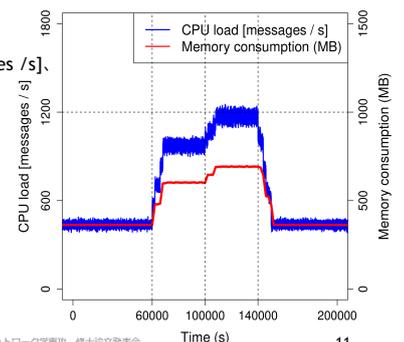
情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

10

評価結果 (提案手法を適用しない場合)

- ▶ Idle タイマを初期値で固定
- ▶ 端末の増加に伴い、CPU 負荷およびメモリ負荷が増加
- ▶ 440,000 台の端末が追加された時の CPU 負荷は 1,253 [messages / s]、メモリ使用量は 692 MB

- ▶ CPU 負荷が 1,200 [messages / s] を超えるため、これ以上の端末を収容することは難しい



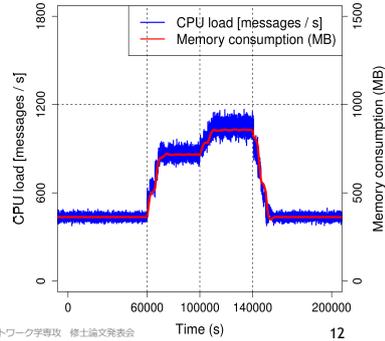
2020/2/12

情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

11

評価結果 (提案手法を適用した場合)

- ▶ 端末の増加に伴い、Idle タイマの値が増加 (2,017 秒 → 2,802 秒)
 - ▶ メモリの資源需要を増加させ、CPU の資源需要を削減するように変化
- ▶ 440,000 台の端末が追加された時の CPU 負荷
 - 1,166 [messages / s]
 - メモリ使用量 858 MB
- ▶ どちらの資源も過負荷状態になっていない
 - ▶ さらに多くの端末を収容することが可能



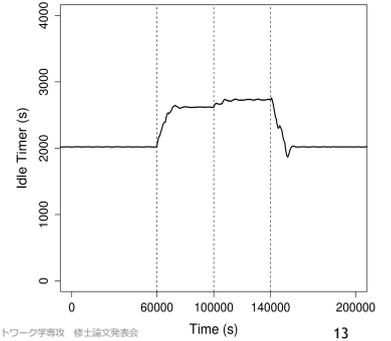
2020/2/12

情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

12

評価結果 (提案手法を適用した場合)

- ▶ 端末の増加に伴い、Idle タイマの値が増加 (2,017 秒 → 2,802 秒)
 - ▶ メモリの資源需要を増加させ、CPU の資源需要を削減するように変化
- ▶ 440,000 台の端末が追加された時の CPU 負荷
 - 1,166 [messages / s]
 - メモリ使用量 858 MB
- ▶ どちらの資源も過負荷状態になっていない
 - ▶ さらに多くの端末を収容することが可能



2020/2/12

情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

13

まとめと今後の課題

- ▶ まとめ
 - ▶ Connected Inactive 状態から Idle 状態への新たな状態遷移を導入
 - ▶ Idle タイマを制御することにより、CPU とメモリの資源需要を制御可能
 - ▶ 提案手法を用いることで、収容可能な端末台数が最大 150 % 向上
 - ▶ モバイルコアネットワークの負荷の変化に対する、適応的なタイマ値の制御を実現
- ▶ 今後の課題
 - ▶ 突発的な負荷への対応
 - ▶ 負荷の予測やリソースの増強も含めた制御の検討
 - ▶ 長期的な時間スケールでの負荷の変動に対して、Server Disaggregationアーキテクチャ等を組み合わせた、総合的な資源制御手法を検討

2020/2/12

情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

14