

Osaka Univ.

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

安達智哉† 阿部修也† 長谷川剛†† 村田正幸†

† 大阪大学大学院情報科学研究科
†† 東北大学電気通信研究所

Osaka Univ.

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

2020/3/5 CQ研究会 1

Osaka Univ.

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

2020/3/5 CQ研究会 2

Osaka Univ.

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

- ▶ 適応的制御の効果をシミュレーションにより評価

2020/3/5 CQ研究会 3

Osaka Univ.

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**

2020/3/5 CQ研究会 4

Osaka Univ.

シグナリング手順の削減

- ▶ 端末が状態遷移する際に、モバイルコアネットワークの各ノードで実行される一連の処理
- ▶ Connected Inactive 状態から接続状態へ遷移する際は、右図の青色で示したシグナリング手順が省略される

2020/3/5 CQ研究会 5

提案手法 (4)

▶ PID 制御に基づく制御①

- ▶ あるタイムステップ (t) における PID 制御の出力値、目標値および操作量をそれぞれ、 $y(t)$ 、 $r(t)$ 、 $u(t)$ とする
- ▶ $y(t)$ 、 $r(t)$ はそれぞれ以下のように定義する
 - $y(t) = \frac{C(t)}{C^{MAX}} - \frac{M(t)}{M^{MAX}}$
 - $r(t) = 0$
- ▶ C^{MAX} 、 M^{MAX} はそれぞれ、CPU およびメモリのリソース量
- ▶ $C(t)$ 、 $M(t)$ はそれぞれ、あるタイムステップ (t) における CPU およびメモリ使用量

提案手法 (5)

▶ PID 制御に基づく制御②

- ▶ $u(t)$ は $y(t)$ 、 $r(t)$ を用いて以下のように定義する
- $e(t) = r(t) - y(t)$
- $u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$
- ▶ K_p 、 K_i 、 K_d はそれぞれ 比例ゲイン、積分ゲインおよび微分ゲイン
- ▶ 各ゲインの値は、ジークラ・ニコルスの限界感度法に基づき設定

Idle タイマは $u(t)$ の値に従って動的に変化

評価方法と評価指標

▶ 評価方法

- ▶ 3GPP 標準に基づくパラメータ設定と過去の実験結果を利用した数学的解析
- ▶ 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
- ▶ 端末のデータ伝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

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

評価シナリオ①

時刻 0 秒 (初期状態)

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

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

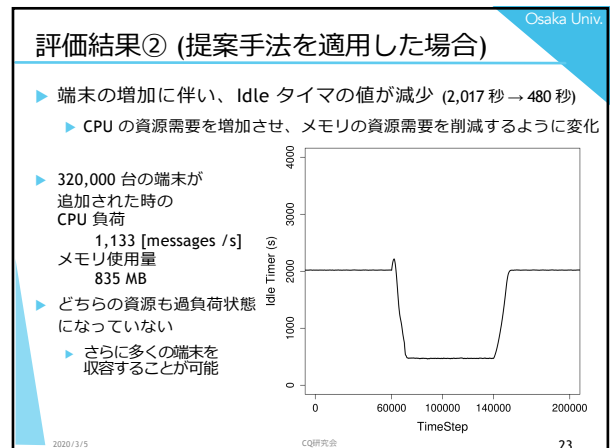
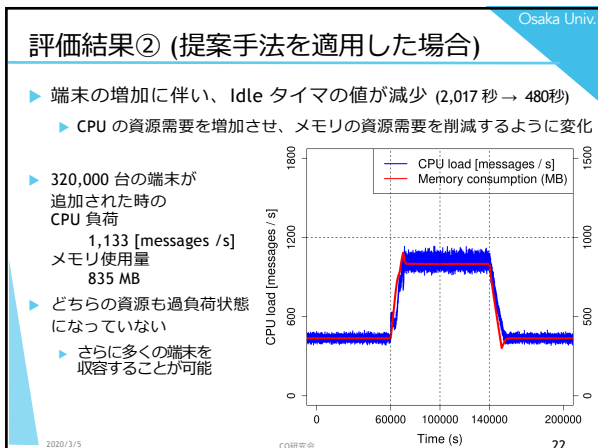
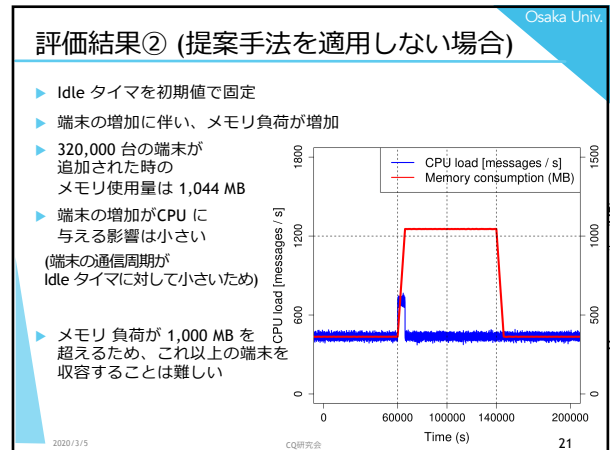
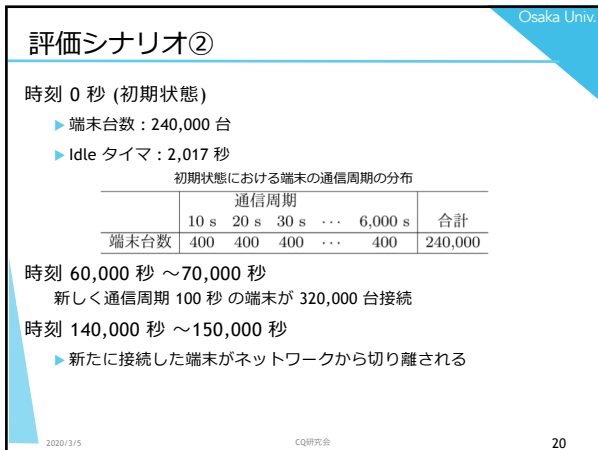
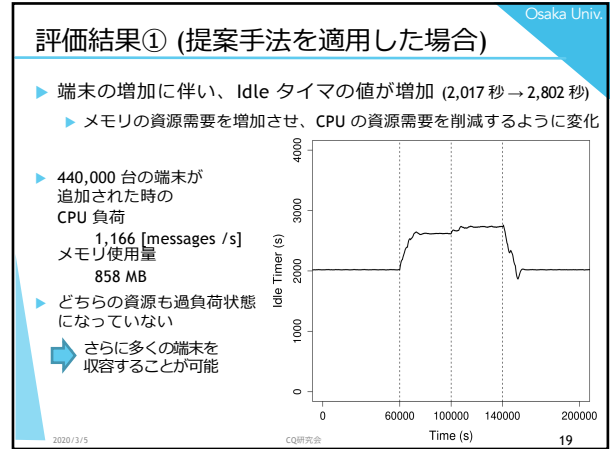
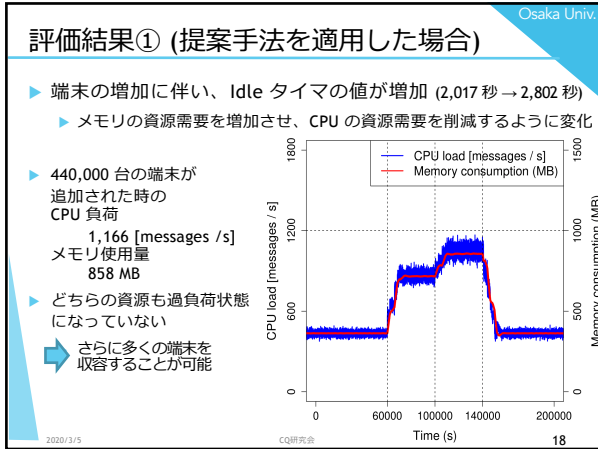
時刻 60,000 秒 ~ 72,000 秒 および 100,000 秒 ~ 112,000 秒
新しく通信周期 6,000 秒の端末がそれぞれ 320,000 台、120,000 台接続

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

評価結果① (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



Osaka Univ.

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
 - ▶ 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
 - ▶ 端末収容能力の向上を確認
- ▶ **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

2020/3/5 CQ研発表 24