

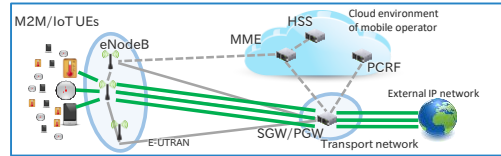
情報ネットワーク学専攻
修士論文発表会

Bearer Aggregation Methods in Mobile Core Networks with C/U Plane Separation

情報ネットワーク学専攻 松岡研究室
阿部修也

研究背景

- 今後の移動体通信網において、M2M/IoT 通信の収容が着目されている
- M2M/IoT 通信を大量に収容することにより、モバイルコアネットワーク内の制御プレーンの負荷が増大
- 収容端末がデータを送信する際に、ベアラと呼ばれる論理的なデータの伝送路を確立する
- ベアラの確立のために、多数の制御メッセージを伝搬・処理



2018/2/14

2

背景と目的

膨大な M2M/IoT 端末を収容するため、サーバ資源及びネットワーク資源の利用効率を向上させる様々な手法が存在

- ノード仮想化、C/U プレーン分離、SDNの適用
- M2M/IoT 通信専用の制御プロトコル、ネットワークスライスの導入
- 制御メッセージへのデータ埋め込み

➡ ノード仮想化及びC/U プレーン分離の効果を評価

既存手法では、ベアラ確立のオーバーヘッドは低減できない

- ➡ 従来は端末と1対1で設定されるベアラを複数端末で共用する通信集約方式を提案
- ベアラの共用により、ベアラ確立負荷を低減させることができる

既存研究は、制御メッセージの数やサイズにより負荷を評価

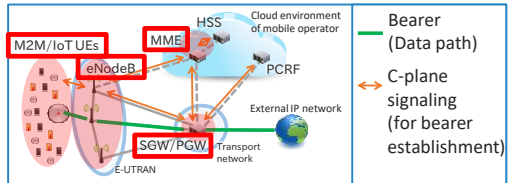
- 実際のベアラ確立に関する処理負荷は、多くの要素に依存
- ➡ 制御メッセージの処理負荷を考慮した詳細な評価

2018/2/14

3

ネットワークモデル

- UE : 収容端末
- eNodeB : LTE 基地局
- MME : ベアラ確立のためのシグナリングの中心的な役割
モビリティの管理・認証なども行う
- SGW/PGW : モビリティ実現のためのアンカーポイント/
外部のIPネットワークのゲートウェイ

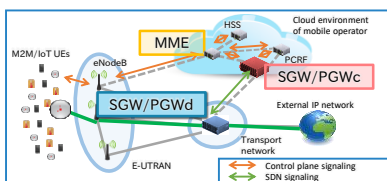


2018/2/14

4

C/U プレーン分離

- SGW/PGW を制御プレーンとユーザプレーンのノードに分離し、制御プレーンノードをクラウド環境に配置
- C/U プレーン分離により、クラウドノード間における制御メッセージの伝搬遅延時間は減少
- クラウドノード間においてサーバ資源を共有可能
- 制御プレーンノードとユーザプレーンノードの間で新たな制御メッセージが必要



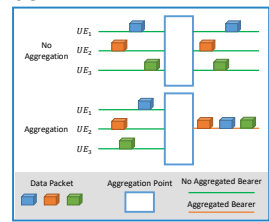
2018/2/14

5

通信集約方式

- 複数の端末でベアラを共用
 - 従来方式では端末毎に必要なベアラ確立のための制御メッセージ及びそれに基づく処理の低減
 - 通信集約方式を適用するために制御メッセージの追加が必要
 - QoS保障及び課金が共用ベアラ毎になる

- 集約地点
 - SGW
 - eNodeB
- 集約タイミング
 - Pre-determined: 端末がモバイルネットワークにアタッチしたとき
 - On-demand: 端末が通信を開始したとき



2018/2/14

6

性能解析

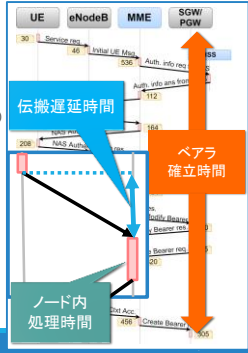
● 評価指標

- ペアラ確立時間 (T): シグナリング手順の実行時間

● T は以下の時間の総和

- T_t : 伝搬遅延時間 (ノード間距離に依存)
- T_f : ノード内処理時間 (M/G/1/PS で算出)
- T_w : 集約のための待機時間

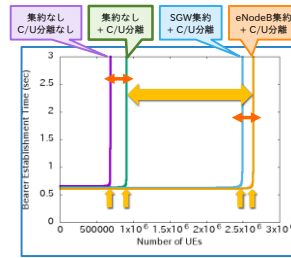
$$T = T_t + T_f + T_w$$



2018/2/14

性能評価結果

- 収容 UE 数 (横軸) がある台数に近づく
ペアラ確立時間 (縦軸) が急増
- その台数を収容可能台数とする



- C/U分離により、収容可能台数が最大33%増加
- さらに通信集約をC/U分離と組み合わせることで、収容可能台数が最大201%増加
- 収容可能台数は eNodeB 集約の方が SGW 集約よりも約6%大きい
- 確立・維持するペアラの数が少なく、負荷が小さい

8

これまでに得られた成果

- 制御メッセージの処理負荷を考慮したモバイルコアネットワークの性能評価手法を確立
- モバイルコアネットワークにおけるプレーン分離の有効性を評価
- 通信集約方式により収容能力が向上し、プレーン分離と組み合わせることでその効果がより大きくなることを明らかにした
- 収容端末の特性によって異なる、最適な集約地点及び集約タイミングの組合せを明らかにした

収容端末の特性	集約地点	タイミング	変更規模	収容性能
high mobility	SGW	Pre-determined	small	low
massive, high mobility	SGW	On-demand	small	medium
low/no mobility, low-latency	eNodeB	Pre-determined	large	high

2018/2/14

9

今後の課題

- UEによる無線ランダムアクセスに関する評価
 - eNodeBに収容するUEによるコンテンションとバックオフを解析に追加し、ペアラ確立時間に含める
- 他方式のアーキテクチャ (パケットルーティング, LPWAN) との妥当な比較
 - 妥当なサーバ資源量及びネットワーク資源量の決定
- シグナリング処理だけでなく、データ送信まで含めた評価

2018/2/14

10

Backup Slides

仮想 IMSI (vIMSI)

- モバイルコアネットワークにおいて、端末の識別子として International Mobile Subscriber Identity (IMSI) が使われている
 - IMSI は端末毎に固有の値を持ち、ペアラと一対一対応している
- 通信集約方式においては、共有ペアラに対応する仮想IMSIをIMSIの代わりに割り当てる
 - MMEはIMSIとvIMSIとの対応をテーブルで管理している

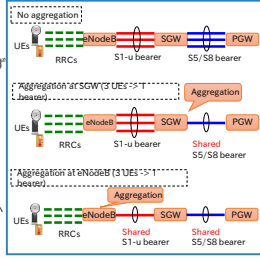
	IMSI	vIMSI
UE_1	000 00 0000000001	000 00 1000000001
UE_2	000 00 0000000002	000 00 1000000001
UE_3	000 00 0000000003	000 00 1000000001
UE_4	000 00 0000000004	000 00 1000000002
UE_5	000 00 0000000005	000 00 1000000002
UE_6	000 00 0000000006	000 00 1000000002

2018/2/14

12

集約地点

- SGW集約
 - SGW-PGW間ベアラ (S5/S8ベアラ) を集約
 - S5/S8 ベアラは端末の状態にかかわらず維持されるため必要な変更規模が小さい
- eNodeB集約
 - eNodeB-SGW間ベアラ (S1-uベアラ) を集約
 - S5/S8 ベアラの数も減少
 - S1-u ベアラは端末がアイドル状態の時解放されるため必要な変更規模が大きい

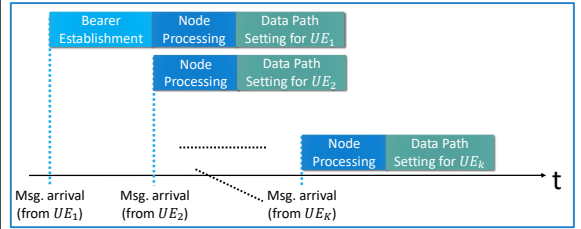


2018/2/14

13

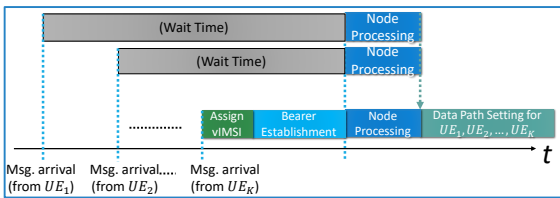
事前決定集約

- 端末がモバイルコアネットワークにアタッチするときに、共用ベアラとの対応を決定
- 確立されていないときのみベアラ確立処理が行われる
- データプレーンの経路設定は端末毎に行われる



オンデマンド集約

- 端末がデータ送信をする際に、共用ベアラとの対応を決定
- 通信開始要求の数が集約度（単一のベアラを共用する端末の台数）に達するまで処理を待機する必要がある
- 同じベアラを共用する端末に関するデータプレーンの経路設定は、通信開始要求の数が集約度に達したとき、一度にまとめて行われる

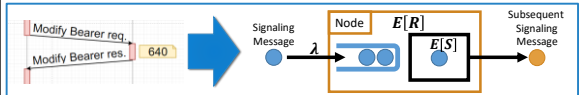


2018/2/14

14

処理時間

- M/G/1/PS 待ち行列モデル



- ノード処理時間の平均 $E[R]$

$$E[R] = \frac{\rho^r \cdot E[S^2]}{1 - \rho} + \frac{1 - \rho^r}{1 - \rho} E[S]$$

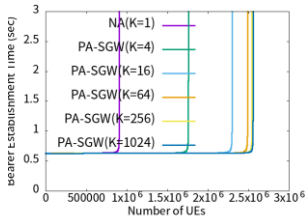
待ち行列モデルにおける変数	評価における関連パラメータ
λ : Arrival rate (of signaling messages)	# of UEs, # of processing, # of the nodes, UE's communication frequency
$E[S]$: Mean workload (Ave. signaling processing time)	Ave. # of statements, Server resources
ρ : System utilization	$\lambda, E[S]$

2018/2/14

16

集約度の効果

- 集約度が64以上になると収容可能台数に変化がなくなる
- 集約によって低減できるオーバーヘッドが十分小さくなったため

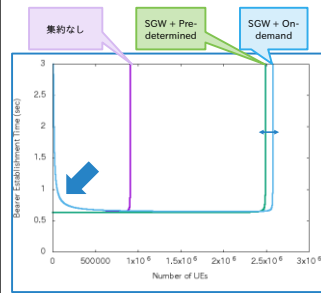


2018/2/14

17

集約タイミングの効果

- オンデマンド集約の方が事前決定集約よりも収容可能台数大きい
- オンデマンド集約においては、経路設定に関するシグナリング処理が共用ベアラごとに実行されるため
- オンデマンド集約は収容UE数が小さいときにベアラ確立時間が大きい
- 集約のための待機時間の影響

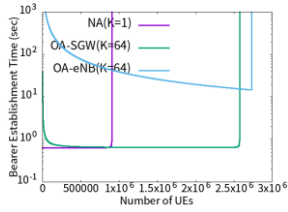


2018/2/14

18

待機時間及び集約地点の効果

- オンデマンド集約の適用時は待機時間が発生する
- eNodeB集約のときは待機時間の影響が顕著
 - eNodeB集約のときの待機時間は、eNodeB1台あたりに収容されているUE数に反比例する



2018/2/14

19

伝搬遅延時間

Nodes	Delay
UE – eNodeB	20 msec
eNodeB – SGW/PGWd	7.5 msec
eNodeB – MME	10 msec
SGW/PGWd – SGW/PGWc	10 msec
MME – SGW/PGWc	1 msec
GTP module – SGW/PGWd	1 msec

2018/2/14

20

処理能力

Node	Server Resources
UE	3,000 statements/sec
eNodeB	1,500 statements/sec
MME	3,000,000 statements/sec
SGW/PGWc	3,000,000 statements/sec
SGW/PGWd	3,000,000 statements/sec
GTP module	600,000 statements/sec

2018/2/14

21