

ノード仮想化とプレーン分離を適用した 広域モバイルコアネットワークの性能評価

¹長谷川 剛 (ごう)、²村田正幸
¹大阪大学サイバーメディアセンター
²大阪大学大学院情報科学研究科

研究の背景 (1): モバイル通信需要の増大とM2M/IoT通信

モバイル通信需要の増大

- 米国のモバイルネットワークトラヒックは3年で5000%の成長
- キャリアの投資コストの増大



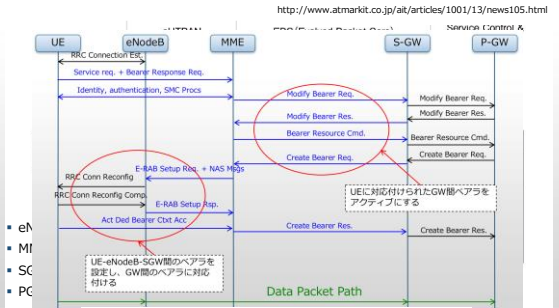
新たな通信需要: M2M/IoT 通信

- 1回あたりの通信時間は短く、周期的/間欠的な通信を行う
- 接続デバイス数の増大: 6億 (2015年) → 31億 (2020年)
- ARPU (1加入あたりの月間電気通信事業収入) は電話端末に比べてかなり小さい (例: 3 USD程度)

モバイルコアネットワークのコントロールプレーンを圧迫し、かつコスト回収率が悪い

2

研究の背景 (2): モバイルコアネットワーク



- HSS: ユー M2M/IoT通信にともなうコントロールプレーンのシグナリングが
- PCRF: 課金 モバイルコアネットワークを圧迫する

3

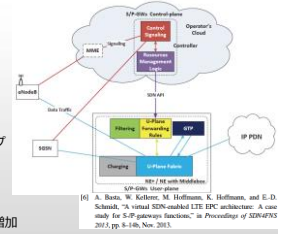
研究の背景 (3): EPC (Evolved Packet Core) の仮想化とプレーン分離

EPCの仮想化

- ノード (MME, S-GW, P-GW, ...) の仮想化
- サーバ資源の利用効率向上
- 需要変動への柔軟な対応
- モバイルコアネットワークの仮想化
- MVNOの導入容易性の向上

プレーン分離

- コアノードのコントロールプレーンとユーザプレーンを分離
- コントロールプレーンをクラウド環境へ
- (○) ノード間シグナリング遅延の削減
- (×) プレーン間シグナリングによる遅延の増加



仮想モバイルコアネットワークアーキテクチャ

- M2M/IoT通信の収容に適していると考えられる

4

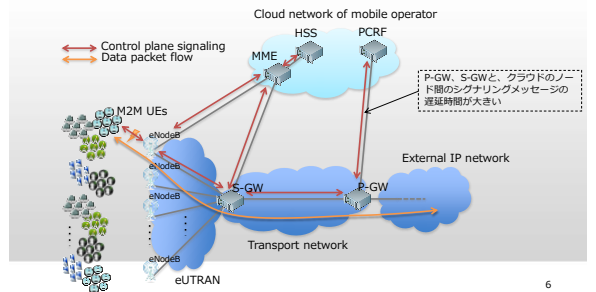
研究の目的

- M2M/IoT通信を収容するための広域モバイルコアネットワークアーキテクチャの検討及び性能評価
- EPCノードの仮想化とプレーン分離を基本とする
- ネットワーク構成を検討し、ベアラ確立のためのシグナリング、データパケットの経路の変化を明らかにする
- 性能評価
- 端末がベアラ確立を完了するまでの時間、データ通信を終えるまでの時間を評価
- 仮想化によってノード間の処理性能の融通が可能になること、及び通信集約の効果に着目
- 複数のEPCから構成される広域ネットワークでの評価
- データセンタ数、伝搬遅延時間、サーバ収容方法等の影響を明らかにする
- 提案するネットワークアーキテクチャによってM2M端末の収容効率が高まることを確認する

5

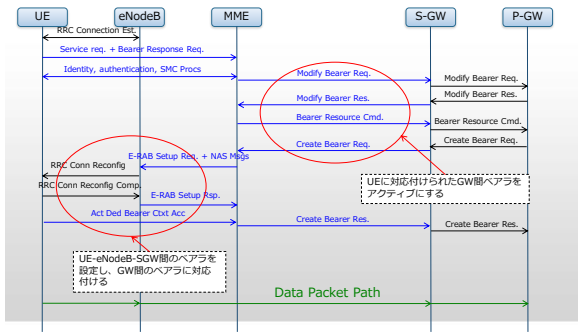
ノード仮想化を適用したネットワークモデル

- 集中制御用のノード (MME, HSS, PCRFなど) がクラウドに置かれる



6

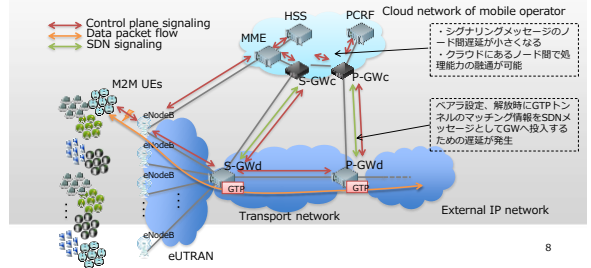
データ送信要求時のシグナリング手順 (1)



7

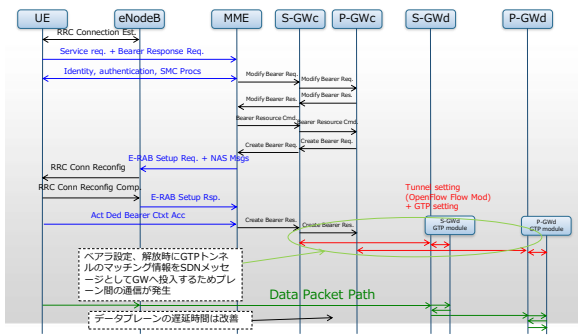
プレーン分離を適用したネットワークモデル

- P-GW、S-GWのコントロールプレーンとデータプレーンを分離し、コントロールプレーンをクラウドネットワークに設置
- GTPトンネルのマッチング機能をデータプレーン側へ実装
 - middlebox実装、GWへのハードウェア/ソフトウェア実装など



8

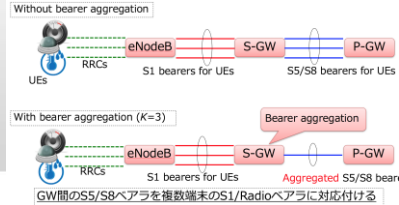
データ送信要求時のシグナリング手順 (2)



9

通信集約手法

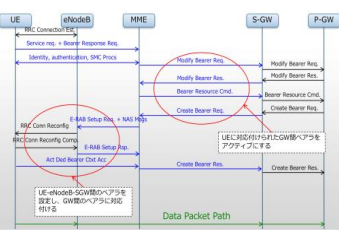
- 集約された通信のための仮想的なIMSI (加入者情報管理のためのID) を定義
- MMEが端末のIMSIと、対応する集約通信の仮想IMSIの対応を管理
 - アタッチ時、あるいは、端末からの通信発生時に、MMEが対応する仮想IMSIを得る
 - SGW-PGW間のトンネルは仮想IMSIを用いて設定する
 - 着信はIMSIの対応を決定する際にP-GWに通知することで実現できると考えられる
 - 無線ベアラ、S1ベアラ、S5/S8ベアラ設定のためのシグナリングは修正不要



10

性能解析

- 端末で通信要求が発生してから、PGWまでのベアラが確立されるまでの時間 (ベアラ確立時間) の評価
 - シグナリング手順にかかる時間
 - シグナリングメッセージの伝播遅延時間
 - ノード間距離に応じて決定
 - ノードにおけるシグナリングメッセージの処理遅延時間 (後述)
- ベアラ確立後のデータ転送にかかる時間の評価
 - TCPあるいはUDPを用いる
 - プロトコルオーバーヘッドを考慮



11

ノードにおけるシグナリングメッセージの処理遅延時間

- ノードでのシグナリングメッセージ処理の様子を、最大並列度 r の M/G/1/PS待ち行列でモデル化する
 - 最大で r 個のメッセージを同時にサーバで処理するモデル
 - ワークロード分布が $S(x)$ 、システム利用率が ρ である時の、平均メッセージ処理時間 $E[R]$:

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

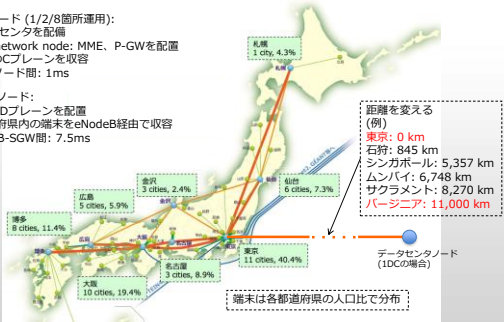
- ワークロード分布=シグナリングメッセージの処理時間
- 指数分布に従うと仮定
- ノードにおけるシグナリングメッセージ処理回数とUE台数、UEの通信頻度から、シグナリングメッセージ処理頻度を導出し、メッセージ処理の到着レートとして用いる
- ノードが行うシグナリング処理の重みは均一であると仮定

12

広域モバイルコアネットワークモデル

● コアノード (1/2/8箇所運用):
データセンタを配備
Core network node: MME, P-GWを配備
SGWのCプレーンを収容
DC内ノード間: 1ms

● エッジノード:
SGWのDプレーンを配備
各都道府県内の端末をeNodeB経由で収容
eNodeB-SGW間: 7.5ms



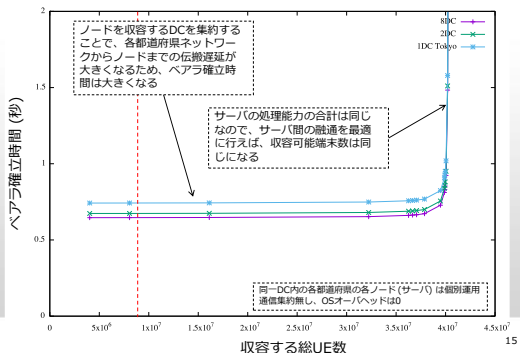
13

性能評価方法

- 各都道府県のネットワークにおける UE、eNodeB、SGW、PGW、MME の処理能力初期値
 - (1000, 1000, 10000, 10000, 10000) (mgs/sec)
- 性能比較
 - 各都道府県のネットワーク内のノード間でのみ、処理能力の最適化を行う場合
 - 約840万台収容可能
 - 全てのコアノード上のコントロールプレーンノード間で処理能力の最適化を行う場合
 - 8箇所のデータセンタを使い、さらに、全てのDC間で処理能力が融通できる場合
 - 最も理想的に資源を配分した場合の解が得られる
 - 処理能力の融通はノード利用率を指標に行う
 - 1度の計算終了時の最大利用率を基にUE数を更新し、収容可能なUE数を導出する

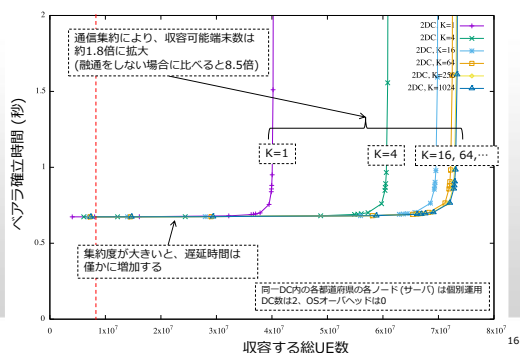
14

用いるDC数の影響



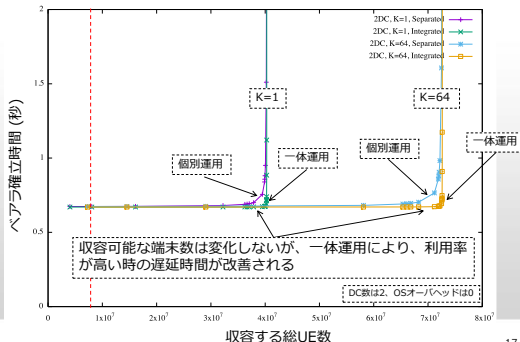
15

通信集約手法の効果



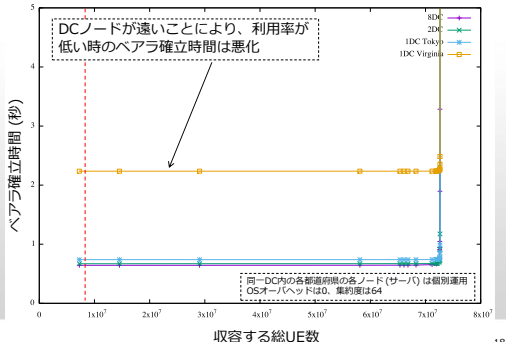
16

サーバー一体運用の効果



17

DCノードの距離が与える影響



18

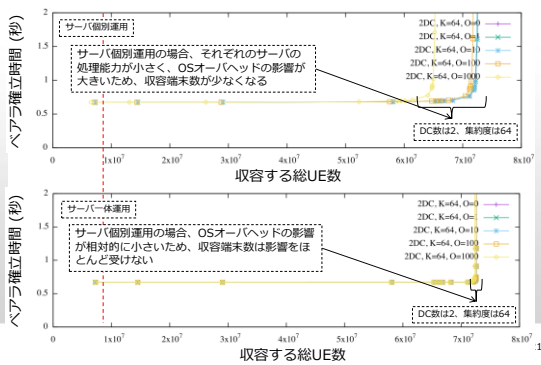
まとめと今後の課題

- M2M/IoT通信を収容するための仮想モバイルコアネットワークアーキテクチャの評価
 - EPCコアノードの仮想化とプレーン分離に基づくアーキテクチャ
- 数学解析に基づく性能評価
 - コアノードのコントロールプレーン間のサーバ資源の融通と通信集約手法を組み合わせることで、収容可能な端末数が80%拡大
 - データセンタの位置、サーバ収容方法などの影響を確認
- 今後の課題
 - サーバの処理時間モデルの検討
 - 集約箇所の違いの影響の評価
 - ヘアラ (トンネル) を構築せず、パケットルーティングを行うアーキテクチャとの比較
 - MEC (Mobile Edge Computing) 環境への適用

19

20

OSオーバーヘッドの影響



1