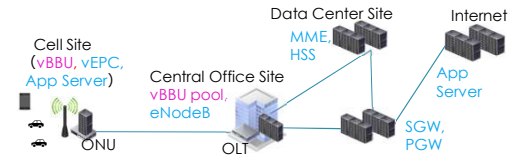


# Power Consumption Analysis of Cloud-based Integrated Mobile Fronthaul/Backhaul Network

松岡研究室 山崎里奈

## 研究背景： フロントホール/バックホール統合ネットワーク

- フロントホール/バックホールネットワークで用いられるネットワークとコンピューティングリソースを区別なく扱う
- SDN, NFV 技術を用いて全てのネットワーク要素を統一的なコントロールプレーンで制御し、ネットワーク機能を柔軟に配置
- リソースの利用効率の向上, 消費電力の削減



## 研究目的

- 統合制御の効果に関する定量的な評価はほとんど行われていない

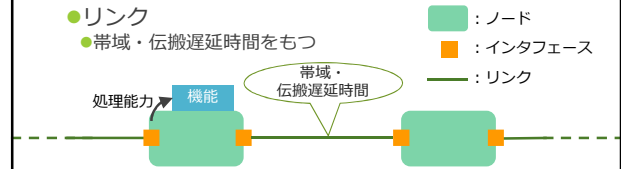


モバイルフロントホール/バックホールを統合したモバイルネットワークの性能評価

- 本論文における手法
  - 数学的解析モデルの構築
  - 数値評価により適応的なネットワーク機能配置の効果を示す

## ネットワークモデル

- ノード
  - ネットワークインタフェースを持ち、他ノードと接続されてネットワークを形成
  - ネットワーク機能を実行できる
- インタフェース
  - 他のノードのインタフェースと対応し、リンクを形成
- リンク
  - 帯域・伝搬遅延時間をもつ



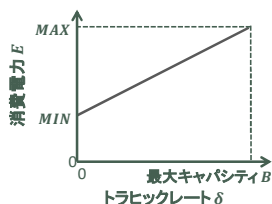
## 消費電力モデル

- ネットワークインタフェースおよびノードにおけるパケット処理によって発生する消費電力

- 電力比例性を考慮し、トラフィック量に基づいて決定

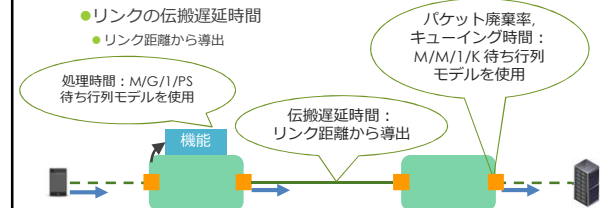
$$E = \frac{(MAX-MIN)}{B} \cdot \delta + MIN$$

- ネットワーク全体の消費電力
  - インタフェースの消費電力
  - ノードの消費電力



## アプリケーショントラフィックの性能

- エンド間パケット廃棄率 および エンド間遅延時間
  - インタフェースにおけるパケット廃棄率, キューイング時間
    - M/M/1/K 待ち行列モデルを用いて導出
  - ノードにおける処理時間
    - M/G/1/PS 待ち行列モデルを用いて導出
  - リンクの伝搬遅延時間
    - リンク距離から導出



### 性能評価環境と評価指標

- 性能評価環境
  - Cell Site, Central Office, Data Center, Internet からなる直線状のネットワーク
  - vBBU, vEPC, App Server を配置
  - 端末からの上りトラフィックが PON を経由して BBU 処理, EPC 処理を受け, アプリケーションサーバに到達
- 評価指標
  - システム全体の消費電力
  - アプリケーショントラフィックの性能
  - エンド間パケット廃棄率
  - エンド間遅延時間

→ : アプリケーションのトラフィック

2019/2/13 情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会 7

### 評価シナリオ

- 端末から2種類のアプリケーショントラフィックが発生
  - アプリケーション1 (トラフィックレート: 1 Mbps)
  - アプリケーション2 (トラフィックレート: 1 - 100 Mbps)
- BBU, EPC, アプリケーションサーバの配置箇所が与える影響を評価する

| パターン | Cell Site                | Central Office           | Data Center               | Internet                 |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1    |                          | vBBU                     | vEPC1, vEPC2              | App1 Server, App2 Server |
| 2    |                          | vBBU                     | vEPC1, vEPC2, App1 Server | App2 Server              |
| 3    |                          | vBBU, vEPC1, App1 Server | vEPC2                     | App2 Server              |
| 4    | vBBU, vEPC1, App1 Server |                          | vEPC2                     | App2 Server              |
| 5    | vBBU                     | vEPC1, App1 Server       | vEPC2                     | App2 Server              |

2019/2/13 情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会 8

### 評価結果

消費電力に与える影響

- パターン4における消費電力の方が小さい
  - BBU 処理を Cell Site で行うことにより Cell Site と Central Office 間のトラフィック量が削減されるため

アプリケーション性能 (遅延時間) に与える影響

- パターン4におけるアプリケーション1の遅延時間が小さい
  - アプリケーション処理がユーザ端末から近い箇所で行われるため
- アプリケーション2はほとんど変わらない

2019/2/13 情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会 9

### まとめと今後の課題

- モバイルフロントホール/バックホール統合ネットワークの数学的解析モデルを構築した
- 数値結果から、以下のことを明らかにした
  - 構築したモデルの有効性
  - トラフィックのバースト性が与える影響
  - ネットワーク機能の配置による影響
- 今後の課題
  - 大規模ネットワークを想定した数値評価
  - ネットワーク機能配置問題の定式化と解法の提案

2019/2/13 情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会 10

### トラフィックのバースト性が与える影響

- アプリケーション1のトラフィックのバースト性を変化
- 消費電力・遅延時間: ほとんど変わらない
  - これは, App1 のトータルトラフィック量が変化しないため
- パケット廃棄率: 上昇するタイミングが早くなる
  - これは, ネットワークインタフェースのトラフィックが瞬間的に増加し, パケットロスにより多く発生させるため

2019/2/13 情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会 11

### トラフィックデマンド

- 送信元ノード, 送信先ノード, アプリケーションの組み合わせごとに定義
- 周期的な通信特性を定義
  - ON区間: パケットが送信される区間
  - OFF区間: パケットが送信されない区間
  - 周期性を持たないアプリケーションは, ON区間=周期とする
- トラフィックの経路: トラフィックデマンドごとに定義

2019/2/13 情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会 12

## トラヒックの多重化

- UE/エッジノード
  - 同じアプリケーションのトラヒック
    - 同期度を用いて導出
      - トラヒックの同期の度合い
  - 異なるアプリケーションのトラヒック
    - トラヒックレートの異なる時間区間の組み合わせごとに導出
- 上位ノード
  - OFF区間が存在しないと考え、周期中一定のレートとなるように平均化

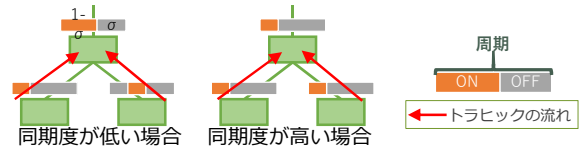
2019/2/13

情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

13

## 同期度

- インタフェースが収容するトラヒックのON区間の同期の度合い
- アプリケーションごとに定義
- $\sigma$  ( $0 \leq \sigma \leq 1$ ) で表す
- 上位ノードのON区間
  - $[0, (1-\sigma) \cdot T]$  ( $T$ : 周期)



2019/2/13

情報ネットワーク学専攻 修士論文発表会

14