

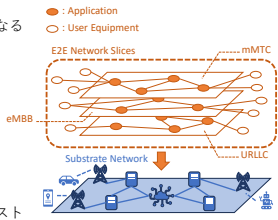
## 品質多様性アルゴリズムを用いた 5Gネットワークにおける 動的ネットワークスライシング制御手法の提案

大月 天渡  
大阪大学 大学院情報科学研究科  
情報ネットワーク学専攻 村田研究室  
博士前期課程2年

1

## 研究背景

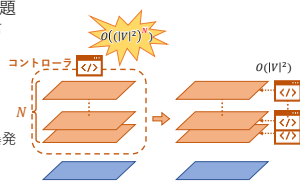
- 通信のユースケースの多様化
  - サービスによって要件が大きく異なる
    - URLLC: 高信頼低遅延
    - eMBB: 高速大容量
    - mMTC: 多数同時接続
- ネットワークスライシング技術
  - 共有基盤資源を仮想的に分割
  - 要件に応じた柔軟なNWの構築
- 資源割り当て問題
  - 多様な要件のスライスを同時にホスト



2

## 先行研究の課題

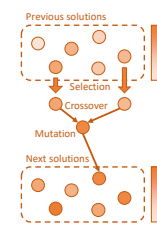
- Network Slice Embedding (NSE) 問題
  - UE・アプリケーション間 E2E 通信
  - 組み合わせ最適化問題
    - NP困難
    - ヒューリスティクスの提案
- 複数スライスの並列制御
  - スライス要求の数で組み合わせ爆発
  - 個別での制御が必要
- 個別制御による全体最適化
  - 多様なスライス要件の考慮



3

## 研究目的と方針

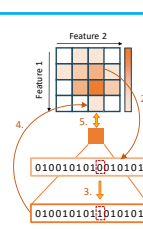
- 複数スライスの協調的な制御手法の実現
  - 他のスライスの要件を考慮
  - 種々の環境変動に適切
    - 新規スライス要求の到着
    - 他のコントローラによる割当の変更
- 遺伝的アルゴリズム (GA)
  - 生物進化モデルによる環境変動への適応
  - 目標関数の設計自由度を活用
  - 従来のGAでは解の多様性が低下
- 品質多様性 (QD) アルゴリズム
  - 多様かつ優れた解を出力可能なGA
  - MAP-Elites アルゴリズムに注目



4

## MAP-Elites アルゴリズム

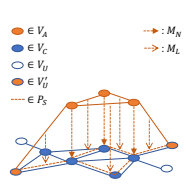
- 特徴空間上での多様な解の探索
  - ユーザー定義の特徴量で探索空間を設計
  - 特徴空間はある粒度のセルで分割
  - 各セルで最良の解を出力するように動作
- アルゴリズム
  - 無作為に初期集団を生成
  - 個体を無作為に選択
  - 個体を変異させ新しい個体を生成
  - 新しい個体の評価値と特徴量を評価
  - 対応するセルの既存解との競争
  - 2~5を繰り返す



5

## NSE 問題の定式化

- 基盤ネットワーク
  - $G_S = (V_U, V_C, E_S)$ 
    - UEノード, クラウドノード (CN), 物理リンク
  - CNと物理リンクは有限な資源を持つ
    - CPU, メモリ, スループット, レイテンシ
- ネットワークスライス
  - $G_R = (V'_U, V'_A, E_R)$ 
    - 一部のUE, アプリケーション (App), 仮想リンク
    - Appと仮想リンクは資源要求量を持つ
      - 基盤資源を消費して要求を満たす
- 2つの写像を決定
  - $M_N: V_A \rightarrow V_C, M_L: E_R \rightarrow P_S (P_S: \text{物理パス})$



6



## 静的シナリオでの評価結果

### 提案手法間での受容率推移の比較

- ME-C, ME-LB の増加が急峻
  - 高需要資源利用の回避が他の受容を促進
  - 効率的な実行可能解の発見
- 最終的な受容率はME-LBが最大
  - 資源の断片化の抑制効果

表. 手法名の表記法

アルゴリズム		$\epsilon$	$\delta$
ME	MAP-Elites	-C	$10^{-5}$ $10^2$
GA	従来型遺伝的アルゴリズム	-LB	$10^{-5}$ 0
NR	NodeRank (既存手法)	-GW	0 $10^2$
		-I	0 0

$$F(g) = R(g) - \lambda P(g) + \epsilon B(g) - f_a \cdot \delta D(g)$$

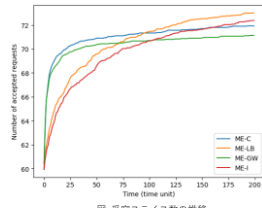


図. 受容スライス数の推移

13

13

## まとめと今後の課題

- NSE問題の全体最適化手法の提案
  - 個別最適化に協調的な動作を組み込み実現
- 比較評価により協調的な動作の効果を検証
  - 平均受容率・収益の向上を確認
- 提案手法ごとの性質の違いを評価
  - 譲歩行動：スライスの迅速な受容・収益性の高いスライスの優先的な受容
  - 負荷分散：最終的なスライス需要個数の増加
- 今後の課題
  - 行列演算での定式化による実行時間の削減
  - 大規模シミュレーションでの統計的な解析による性質の評価
  - 適応度内のパラメータ変更による影響の調査

14

14