ポスト 5G 情報通信システム基盤実現に向けた E2E ネットワークスライスオーケーストレーションに対応した OSS/MANO の研究開発
－技術課題に対する取り組みと成果について－

北　真也

Shinya Kita

楽天モバイル株式会社 Rakuten Mobile Inc.

E-mail:　shinya.a.kita@rakuten.com

あらまし　楽天モバイルは NEDO 様の「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」の一環で、E2E ネットワークスライスオーケストレーション技術、並びに AI を用いた予測／主原因特定／最適化によるオペレーション高度化技術を開発している。本講演では、本事業にて開発・実証した E2E での NW スライスのインスタンシエーション/クローズドループ技術並びに実証ユースケース、課題の共有、現在開発中の AI を用いたスライスオーケストレーションの高度化について紹介する。

キーワード　5GSA ネットワークスライシング，オーケストレーター，OSS，AI，クラウドネイティ仮想化

1. はじめに

ポスト 5G 社会の進展に伴い、5G ネットワークは様々なサービスから求められる超高速大容量、超低遅延、同時多数接続などの高度且つ多様なサービス品質要求を満たすことが求められている。[1]

これらの要求に応えるため、楽天モバイルは、NEDO による「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」のプロジェクトの a2 プロジェクト「クラウド型ネットワークの統合管理・自動最適化技術開発」の一環で、ネットワークを用途に応じて仮想的に分割する「ネットワークスライシング」を End to End でオーケストレーションする技術、および AI を用いた予測／主原因特定／最適化によりオペレーションを高度化する技術開発を行っている。[2]

本技術の社会実装により、きめ細やかなサービス品質要求に柔軟に対応するスライスオーケストレーションを実現し、5G を活用した各種サービス／産業におけるイノベーションの創出が可能となる。

また、本技術は完全仮想化 NW と仮想化基盤、OSS／オーケストレータをワンパッケージ化した「Rakuten Symphony」に組み込まれ、楽天モバイル並びに国外の顧客のスライスアウェアで高品質な 5G ネットワークの構築並びに運用コストの削減をサポートし、ポスト 5G 時代の社会インフラとして日本国内の産業活性化ならびに日本の通信インフラ輸出の国際競争力強化を目指す。

2. これまでの楽天モバイルの取り組みと成果

楽天モバイルは図 1 のとおり 2020 年 4 月より世界初となる完全仮想化クラウドネイティブネットワークにて商用サービスを提供している。

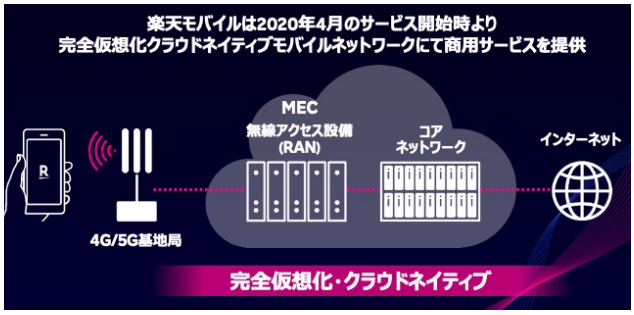


図 1. 楽天モバイルの完全仮想化 NW

また、図 2 に示すとおり RAN/Core の全コンポーネントを統一された仮想化基盤とオーケストレータで構築、運用し、Transport 装置やクラウドインフラを含めた E2E での NW 運用を可能とする統合 OSS（Operation Support System）を活用した効率的な運用を行っている。

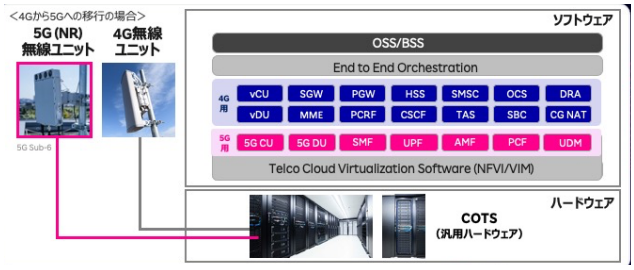


図 2. 楽天モバイルの完全仮想化 NW

加えて、完全仮想化クラウドネイティブネットワークの効果を最大化することを目的として、統合 OSS／オーケストレータ上に様々な構築／運用業務の自動化を構築し、図 3 に示すとおり大きな改善効果を得られている。一例として、基地局の構築業務では、物理的なサイト構築作業後、サイト側装置への NW 疎通を契機として自動的にインテグレーション作業が実行され、5G で 4 分、4G で 8.5 分での作業完了を実現。自動化導入前では数日掛かっていた工数を大幅に削減し、コスト削減、品質向上と共に楽天モバイルの非常に挑戦

Copyright ©2021 Rakuten Mobile Inc.

的な基地局整備計画を現実のものとする非常に重要な要素となっている。

図 3.自動化による効率的な運用

また、図 4 に示すとおりこれら商用実績のある完全仮想化 NW、自社開発の仮想化基盤／OSS／オーケストレーターなどの仮想化技術をワンパッケージ化した「Rakuten Symphony」による世界展開を開始し、独 1&1 社への包括提供をはじめとした商用実績も増加している。[3]

図 4. Rakuten Symphony による技術の世界展開

3. 「クラウド型ネットワークの統合管理・自動最適化技術」の研究開発概要

楽天モバイルは 5G に求められる様々なネットワークサービス品質要求に応えるために、Rakuten Symphony の OSS／オーケストレータ技術をベースとした E2E ネットネットワークスライスのオーケストレーション技術並びに AI による運用の高度化技術開発を、NEDO による「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」のプロジェクトの a2 プロジェクト「クラウド型ネットワークの統合管理・自動最適化技術開発」の中で行っている。

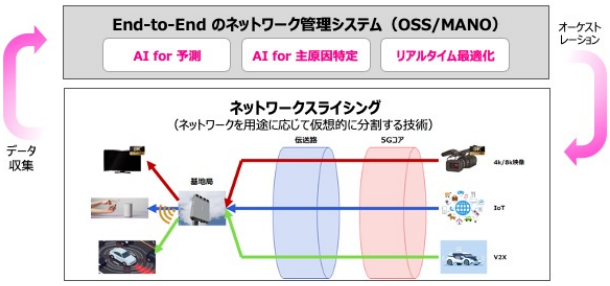


図 5. a2 プロジェクト研究開発概要

本研究開発では、図 6 に示すとおり大規模なネットワークスライシングの自動作成とそれらを自律的にコントロールする仕組み、モバイルキャリアの数十万の機器で構成される大規模ネットワークをユーザーの要求に応じて自動的に E2E でオーケストレーションする国産 OSS(Operation Support System)/オーケストレータの技術開発を行っている。

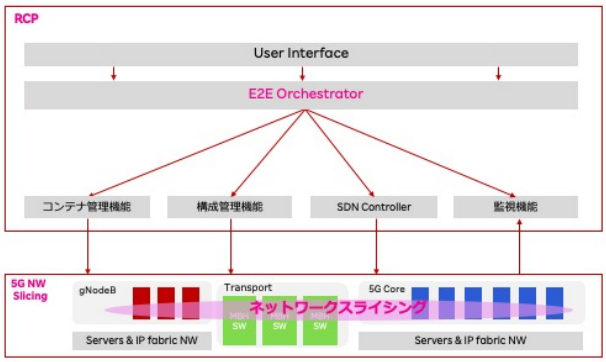


図 6. E2E スライスオーケストレーション研究概要

加えて、ネットワークスライシングによって複雑化するオペレーションに対して、図 7 に示すとおり AI を用いた予測／主原因特定／最適化などの分析の高度化、効率化を図ることで、コスト削減と共に品質向上を同時に実現する AI 技術の開発並びにその連携機能開発を OSS/オーケストレータに対して行っている。これにより、問題発生前の対処、ポリシーベースでは難しい複雑事象への自動措置、リソースをより効率的に活用する最適化実現を目指している。。

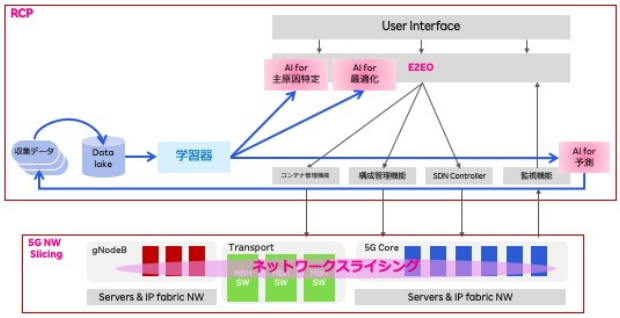


図 7. AI による運用高度化の概要

4. E2E スライスオーケストレーションの実証実験とその成果、課題について

本研究では Phase1 研究の最終段階として 2021 年 7 月に、E2E スライスオーケストレーションの実証実験を行った。図 6 に示したとおり、実証実験では RAN / CORE / Transport の各 NW 機器と、NW スライスの管理機能を追加した OSS の構成管理機能／監視機能、構成管理機能などの実機を接続して次に挙げる 2 つのユースケースで検証した。

1 つめのユースケースは「ネットワークスライスの展開」で、図 8 に示すとおりオーケストレータ上での

スライステンプレートの登録とスライスインスタンスの設計／作成並びに、Kubernetes ベースのコンテナ管理機能及び構成管理機能とオーケストレータ連携によるスライスデプロイ機能を開発した。

実際に 5G コンポーネント上にデプロイされたネットワークスライスの上で、ユーザの位置登録とベアラ確立、ユーザ通信に成功しており、ユーザ通信の結果がスライス単位の KPI として性能監視画面にて監視ができることを確認した。

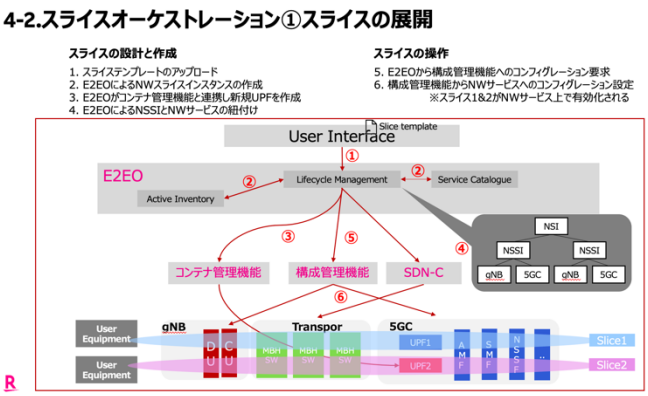


図 8. スライスの展開シナリオ

2 つめのユースケースが「スライスレベルクローズドループ」であり、図 9 で示すとおり UE シミュレータで発生させた減衰によるユーザ体感品質の低下を監視機能にて検出、サービス劣化通知を行い、オーケストレータにてリカバリアクションを実行した。オーケストレータは構成管理機能と連携してスライスレベルで行われているリソースブロック割り当てを変更してユーザ体感品質の改善を図るシナリオを実行した。

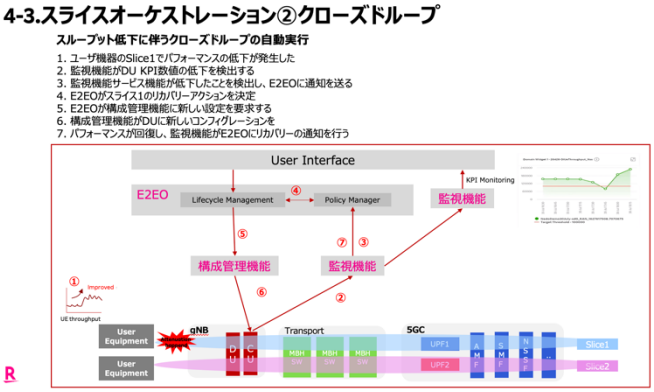


図 9. スライスレベルクローズドループシナリオ

Transport におけるネットワークスライスの標準化が遅れていたことから、実証実験の中では Transport ドメインでの NSSI 作成及びトランスポートスイッチへの SRv6/SR-MPLS のデプロイは見送ったが、gNB 及び 5GC の上でそれぞれ 2 つのスライスを作成し、それぞれのスライスでの性能計測並びにスライスに対する制御を行うことで実 UE 上でのユーザ体感品質の劣化の検知とそのリカバリに成功した。

また、別観点のネットワークスライスコントロール実証実験として、監視カメラ映像を分析する映像分析サーバにて検出した異常をトリガーとして監視カメラ映像並びに現地警備員カメラ映像用に十分な帯域を確保するスライス制御を行う実証実験を実施し、これに成功した。

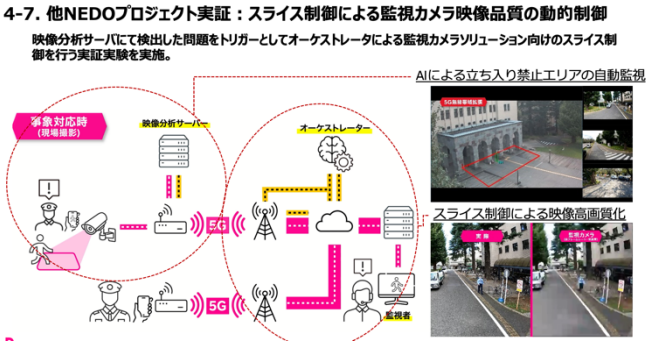


図 10. スライス制御による映像品質の動的制御

一連の E2E スライスオーケストレーションの実証実験の残課題としては、Transport ドメインでのスライス作成／デプロイが挙げられる。特に SDN コントローラーを用いたパス管理と Transport ドメインの NSSI をオーケストレータが紐付けて管理し、SDN コントローラーと密接に連携しながら Transport スライスを SRv6 としてデプロイする必要があり[4]、図 11 に挙げたとおり引き続き Phase2 開発の中でこれらの開発と実証を進めている。

また、今回実証実験を行ったクローズドループシナリオはいずれもシンプルな通知と対処を紐付けるポリシー管理によって実現されていたが、実運用を考慮する場合、大量アラーム発生や複数事象の同時発生などに対応できる、インテリジェントな主原因特定機能を持つ必要がある他、予防措置的なスケールアウトやユーザの判断を必要としないスケールイン実現のためには、高度な予測技術をオーケストレータと組み合わせる必要がある。そのため、引き続き Phase2/Phase3 開発の中で AI 機能及び連携機能の開発を行う。

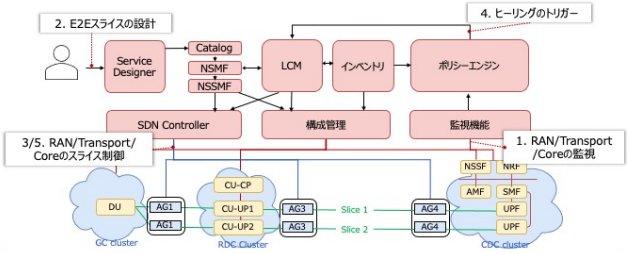


図 11. Phase2 スコープの E2E スライス管理

5. 現在取り組んでいる AI を用いた運用高度化について

本研究におけるもう一方の大きなテーマが「AI を用いた運用の高度化」であり、現在 Phase2／Phase3 開発

として、トラフィック予測／主原因特定／リソース最適化の 3 テーマに取り組んでいる。Phase2 開発は 2021 年 3 月末完了目標であり、Phase2 の開発内容を発展させる形で進められる Phase3 の完了目標が 2021 年 9 月末となっている。

1 つめのテーマである AI を用いたトラフィック予測技術では、図 12 に示すとおり Phase2 で各種スライスレベル KPI の将来予測を行う技術を開発し、Phase3 では AI とオーケストレータのポリシーマネージャが連携することでユーザ体感品質劣化の事前検知と予防保全的なスケールアウトとスケールインの自動化の実現を目指している。

これまでのオーケストレータはアラームや閾値監視を元に問題が発生してからヒーリングアクションを実行しており、またスケールイン後の影響度判定の難しさからスケールインの自動化には大きな壁があった。トラフィック予測 AI は、ユーザ体感品質の予測を当該 KPI の過去データのみならず複数の説明変数から行うことで、スケールアウトを必要とする突発的なトラフィック増の検出と、スケールインを行った後のトラフィック変化予測を行うことでこれらの問題を解決する。

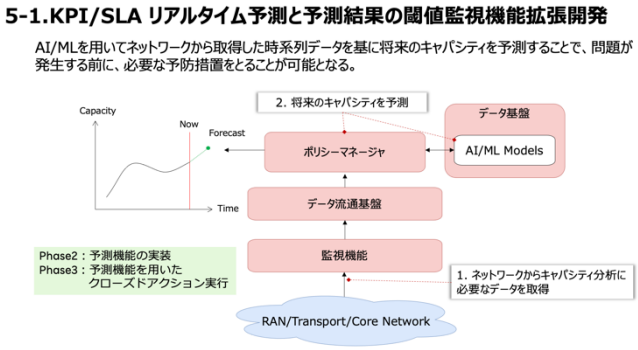


図 12. トラフィック予測 AI の実装

2 つめのテーマである AI を用いたマルチレイヤでの主原因特定では、図 13 に示すとおり Phase2 でサービスレベルの品質劣化の主原因としてインフラレイヤのリソース不足を検出する分析モデルを構築し、Phase3 では AI で検知された主原因を元にポリシーマネージャが適切なヒーリングアクションを実行する。

楽天モバイルのインベントリシステムでは、RAN/Core/Transport のドメイン間のトポロジの他、NFVI と NSI/NSSI/NS/NF/Kubernetes アプリケーションのトポロジをライフサイクルイベント発生時に最新化している。これにより、主原因特定 AI はインベントリシステムよりトポロジデータを取得することで異なるドメイン／装置から取得するアラーム／KPI を関連付けて分析を行うことが可能となっている。

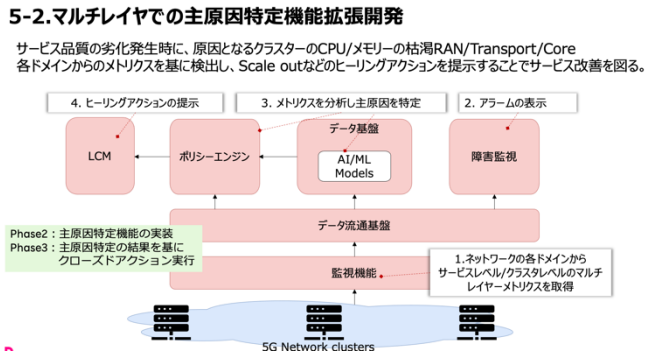
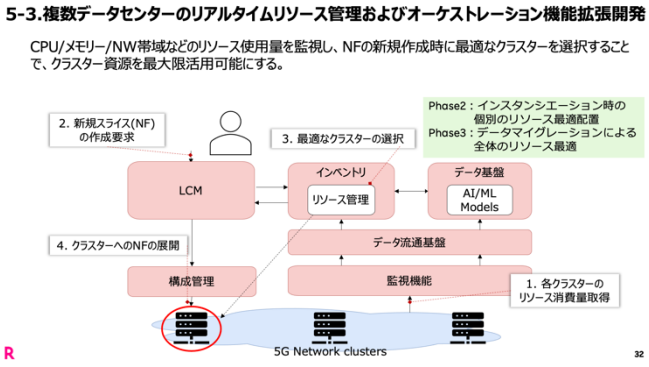


図 13. 主原因特定 AI の実装

3 つめのテーマである AI を用いたリソース最適化では、図 14 に示すとおり Phase2 で NF のインスタンシエーション時をターゲットに、AI とリソースマネージャが連携し NW 全体のリソース消費が最適となるクラスタの割り当てを行い、Phase3 ではアプリケーションのマイグレーション（収容替え）をターゲットに、AI とリソースマネージャが連携し NW 全体のリソース消費が最適となるアプリとクラスタの組合せ最適を行う。

これまでのオーケストレータが行っていたリソース予約／配備は、クラスタ毎の CPU やメモリをキャパシティとして、VNFD 等に記載されたリソース要求に応じてリソース割り当てを行っていたが、実際の消費リソースは Descriptor に記載されたリソース要求よりも大幅に少ない等リソースを有効に活用出来ない事態が頻発していた。また、オーケストレータのリソース予約／配備ロジックの多くは候補となるクラスタの中からラウンドロビンで最終候補を決定するため、リソースの配備に偏りが出ることが少なくなかった。本リソース最適化 AI では、各アプリ／クラスタの消費リソースを元に、最適な組合せの探索を行うことにより、これらの問題を解決する。



6. 問合先

楽天モバイル株式会社
プロダクトエンジニアリング部
北　真也

〒158-0094
東京都世田谷区玉川 1-14-1
050-5581-6910
shinya.a.kita@rakuten.com

【謝辞】本研究は，NEDO「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」の委託事業として実施しており.ここに記して感謝の意を表したい.

文　献

[1] 「令和 2 年情報通信白書」第 1 部 P18 https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/pdf/n1100000.pdf
[2] https://corp.mobile.rakuten.co.jp/news/press/2020/0630_01/
[3] https://corp.rakuten.co.jp/news/press/2021/0804_03.html
[4] https://ascii.jp/elem/000/004/063/4063041/