

先進的仮想化ネットワークの基盤技術の研究開発

基本計画書

1. 目的

2020年3月には、我が国において第5世代移動通信システム（以下「5G」という。）サービスが開始され、今後、医療、教育、交通など様々な分野において「超高速（eMBB）」、「超低遅延（URLLC）」、「多数同時接続（mMTC）」といった5Gの特長を活用したサービスが本格的に展開されることが期待されている。また、昨今の新型コロナウイルス感染症を発端としたウィズコロナ、アフターコロナにおける新たな生活様式への移行が求められており、それらの生活様式に対応するための新たなサービスが創出されることも想定される。

今後、こうしたサービスに対応するため、仮想化技術の通信ネットワークにおける活用が急速に進むことによる効率性及び柔軟性の向上が見込まれる一方、通信ネットワークの複雑化に起因する原因特定や障害復旧が容易でない通信障害の発生も懸念されている。そのため、早期に本研究開発を実施することにより、社会経済活動の基盤である通信ネットワークの安全・信頼性を確保するとともに、関連技術の国際標準の獲得による国際競争力の強化を図ることを目的とする。

2. 政策的位置付け

- 「統合イノベーション戦略2020」（令和2年7月閣議決定）においては、「Beyond 5Gの早期かつ円滑な導入と国際競争力の強化のため、研究開発、知財・標準化、展開のそれぞれについて、ロードマップを策定し、戦略的な取組を推進。具体的には、2025年頃から順次要素技術を確立、3GPP等で標準化することで、2030年頃のBeyond 5Gのサービスインへとつなげる。」とされている。
- 「Beyond 5G 推進戦略」（令和2年6月公表）においても、「我が国が強みを持つ、又は積極的に研究開発等に取り組んでいる技術が含まれる分野の例や、それらに関連する技術、その中でも産学官の別なく、特に重点的に研究開発等を進めるべきと考えられる技術の例」として、「ネットワークの自律・分散・協調型制御技術」及び「ソフトウェア化／仮想化、オープン化／ディスアグリゲーション技術」が掲げられている。
- 「AI 戦略2019」フォローアップ（令和2年6月決定）においても、「安心・快適にAIを利活用するため、5Gや光ファイバの全国整備やデータのトラストやネットワーク基盤の高度化及び安全・信頼性の確保等、情報通信環境整備の促進やBeyond 5Gの早期実現に向けた研究開発等も求められる。」とされている。

3. 目 標

(1) 政策目標（アウトカム目標）

映像配信、XR、自動運転、社会行動監視、インフラ管理等^{※1}の様々なサービス分野において5Gの特長である「eMBB」、「URLLC」、「mMTC」を最大限に活用するため、5G MF^{※2}で定義されているような超信頼性・低遅延コミュニケーション（無線区間遅延 1ms以下）、大規模コミュニケーション（1000 デバイス/セルの多接続）、拡張モバイルブロードバンド（10Gbps 超大容量）を実現するためのサービス毎の要求条件に合わせた迅速な通信サービスの提供が可能な効率性及び柔軟性を備えた通信ネットワークの実現が求められている。そのため、仮想化技術を活用したVM^{※3}による通信ネットワークやコンテナ技術を活用したクラウドネイティブな通信ネットワークが急速に進むことが見込まれる一方、通信ネットワークの複雑化に起因する原因特定や障害復旧が容易でない通信障害の発生も懸念されている。

このような背景から、様々な分野における新たなサービスの創出を後押しするため、「先進的仮想化ネットワークの基盤技術」を早期に確立し、サービスの要求条件に対応した通信ネットワークを迅速に提供可能とするとともに、複雑化する通信ネットワーク環境下においても耐障害性を高めることにより、クラウドネイティブ環境下における通信ネットワークの安全・信頼性を確保する。また、本研究開発成果の国際標準化や市場展開を推進し、関連市場の国際競争力の強化に寄与する。

※1 5G MFのユースケース及び総務省「将来のネットワークインフラに関する研究会資料」より

※2 5G Mobile Communications Promotion Forum

※3 Virtual Machine

(2) 研究開発目標（アウトプット目標）

本研究開発では、コンテナ技術が活用されたクラウドネイティブ環境上に展開された5Gコア網における障害の事前予測及び検出を実現する「障害事前予測技術」、ICTシステムの自動設計やコンテナを活用した超高速配備を実現する「超高速化ICTシステム設計技術」及びAI等によるサービス要件分析やネットワークリソースの最適化を実現する「基盤計算機リソースの動的かつ最適制御技術」の3つの技術の連携により、通信ネットワークの安全・信頼性に資する先進的仮想化ネットワークの基盤技術を確立する。

さらに、これらの技術の国際標準化や特許取得等を通じて、AI等を活用したネットワーク制御技術分野における我が国の国際競争力強化を図る。

4. 研究開発内容

(1) 先進的仮想化ネットワークの基盤技術

① 概要

近年、初期の仮想化技術である VM と比較してコンテナ上に実装されているマイクロサービス化されたアプリケーションの起動及び停止に必要な時間が短く、システムリソースへの負荷が小さい等の特徴があることから、コンテナ技術を活用した ICT 環境の構築に対する需要が増加しており、今後こうした傾向がさらに強まることが予想されている。また、仮想化の進展が見込まれる通信ネットワークにおいても、5G コア網へのコンテナ技術の適用が想定されている。VM はアプリケーション間を接続する通信ネットワークが VM 上の OS や仮想化基盤で実現していたのに対して、コンテナ技術はコンテナ上のアプリケーションで通信ネットワークが実現されるなどのアーキテクチャの変化があり、通信事業者の 5G コア網の全国網規模である 100 ノード、5 リージョンを見据えて、本研究開発ではコンテナ技術を活用した 1 リージョンを収容する通信ネットワーク基盤において、これまでと同等かそれ以上の通信品質を維持するなど通信ネットワークの安全・信頼性の確保に向けて、「障害事前予測技術」、「超高速化 ICT システム設計技術」、「基盤計算機リソースの動的かつ最適制御技術」の研究開発を行う。

② 技術課題

ア) 障害事前予測技術

ソフトウェア制御技術・仮想化技術の進展によりコンテナ技術を活用した CNF^{※4}による通信ネットワークの柔軟化がより一層進むとともに、通信ネットワークの様々な機能も機能単位にマイクロサービス化され、コンテナ上でアプリケーションとして構成される。また、これによりアプリケーション間をつなぐネットワークは、ホスト OS のハイパーバイザ上でゲスト OS が独立に動作する VM と異なり、すべてのコンテナが一つの OS のカーネルの共有を経由して相互に関係していくこととなる。そのため、通信ネットワークの監視対象の粒度が小さくなり、システムログ等の情報量は爆発的に増加するため、障害発生時の原因特定が複雑化していくことが懸念される。さらに、通信ネットワークの障害発生による社会経済活動に与える影響は非常に大きくなっており、障害発生時間をいかに最小化するかが喫緊の課題となっている。

これらを踏まえ、CNF 環境における AI を活用した障害発生時の早期の検知に加え、障害の発生自体の抑制につながる障害事前予測を実現するため、新たな異常度分析手法を確立する。具体的には、CNF 環境上に 5G コア網を構築し、通信ネットワークトラフィック量、コンテナから生成される CPU やメモリ等のリソース利用状況などの入力データに基づく分析を実施することにより、事前予測・検知を実現する。また、当該技術に技術課題イ) の超高速化 ICT システム設計技術及び技術課題ウ) の基盤計算機リソースの動的かつ最適制御技術を組み合わせることにより、障害発生前に障害原因に対する事前対処を完了させる。

※4 Cloud-native Network Function

イ) 超高速化 ICT システム設計技術

ウィズコロナ・アフターコロナにおける遠隔業務用の通信基盤の構築や押印を代替する業務アプリの導入などの新たな要望へ迅速に対応しつつ、需給状況の変化やインフラ障害にも耐える安定した ICT サービスの提供基盤が求められている。また、一般的に ICT サービスは、サービスを構成する機能モジュールやネットワーク機器などの多数の機能部品や機材等の複雑な組合せで構成され、これを矛盾なく統合し組み替える設計作業や機材の配備作業に時間と費用を要することから、システムの自動設計技術や高速な配備機能を備えたコンテナ技術の導入が期待されている。

一方、従来の VM 環境での自動設計技術は設計導出の計算速度に限界があり、コンテナ上に実装される多数のマイクロサービス化されたアプリケーションで構成される大規模で複雑なシステムの設計には相当な時間を要するため、オンデマンドで試作と試用を繰り返しながら ICT サービスを調整するといった運用が困難であり、その利便性は大きく損なわれる。そのため、機能部品、サービスの要求条件の選択肢及び障害パターンに基づき、全てのサービスに対しプロアクティブな試作設計を実施するとともに、既存の類似設計からの差分のみを再設計することにより設計速度を改善する技術を確立する。

ウ) 基盤計算機リソースの動的かつ最適制御技術

物理サーバをハードウェアレベルで仮想化する VM と共通の OS のもとでプロセスを仮想化するコンテナ技術は、アプリケーション品質の管理、仮想サーバの起動時間及び OS 依存性等において、互いにトレードオフの関係にあることから、今後、両技術は用途によって使い分けられ、VM とコンテナ技術が混在した通信ネットワーク環境が構築されていくことが想定されている。例えば、5 Gにおける「eMBB」、「URLLC」、「mMTC」といった様々なアプリケーション（映像配信、XR、自動運転、社会行動監視、インフラ管理等）をネットワーク機能仮想化(NFV)技術等を駆使して同一物理サーバに収容する際には、プロセスが膨大な mMTC が通信性能に対する要求が厳しい eMBB 及び URLLC のアプリケーションの品質に影響を及ぼす可能性が高いと考えられる。そのため、両アプリケーションを異なる VM に収容し、その上でアプリケーションの性能要件やトラヒックや機器状態などのネットワーク状況の変化に迅速かつ柔軟に対応するため、敏捷性の高いコンテナ技術によってプロセス（マイクロサービス）を仮想化させる VM 及びコンテナ 2 階層型のサーバ仮想化環境の構築が有効となる。

一方、当該 2 階層型のサーバ仮想化環境では、障害発生やトラヒック変動が生じてもアプリケーション及びそれを構成するマイクロサービスを安定的に提供するため、VM とコンテナ技術という異なる観点を組み合わせた計算機リソース動的制御が必要であり、既存の制御モデル（例えば、総務省委託研究「革新的 AI ネットワーク統合基盤技術の研究開発」における VM のみをベースとした制御モデル）が必ずしも最適とは限らずアプリケーションの品質の劣化を招く可能性がある。そのため、VM 及びコンテナ 2 階層型の環境を前提とした通信ネットワーク基盤を構築し、当該基盤の計算機リソースを細粒度で動的かつ最適に調整するための AI 等も活用したモデルの導出及びそれらに必要な技術を確立し、動作検証を行う。

③ 到達目標

ア) 障害事前予測技術

- ・ CNF においてコンテナ技術の導入が見込まれる 5 G コア網の疑似ネットワークを構築し、ネットワークノード及び CNF 基盤を通じて流れるトラフィック量の変化、ネットワーク機能が実装されているコンテナから生成される CPU やメモリ等のリソース利用状況データなどの情報を用いたシミュレーションによる CNF ネットワークの挙動のモデル化。
- ・ 事前予測の精度への寄与度が高いと評価されるデータ項目を中心としたデータセットを用いた高次元回帰分析などによる障害事前予測及び未然対処技術の確立。

イ) 超高速化 ICT システム設計技術

- ・ サービスを提供する構成（アプリケーション及びインフラ）を分単位で設計する技術や機能部品、サービスの要求条件の選択肢及び障害パターンといった設計に必要な情報の追加に要する時間の短縮化技術の確立。
- ・ 多様なサービス構成に対応した設計のモデル化。

ウ) 基盤計算機リソースの動的かつ最適制御技術

- ・ VM 及びコンテナ 2 階層型の環境においてそれぞれの技術の特長を活かした最適な計算機リソース動的制御を実現するため、AI 等も活用したモデルを導出することにより、アプリケーション要求の発生時や障害予測を含む障害検知時といった状況変化の際に、各アプリケーションの品質を維持するための計算機リソース調整を高速（例えば秒単位）で自動判断可能な技術を確立。
- ・ 上記の導出モデルによるリソース調整と合わせて高速（例えば分単位）での構成変更を可能とするため、2 階層型のサーバ仮想化環境を前提とした通信ネットワーク基盤の設計、実装及び動作検証。

5. 研究開発期間

令和 3 年度まで

6. その他 特記事項

(1) 提案及び研究開発に当たっての留意点

- ① 提案に当たっては、基本計画書に記されているアウトプット目標や到達目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めるとともに、アウトカム目標の達成に向けた適切な研究成果（アウトプット等）の取扱方策（研究開発課題の分野の特性を踏まえたオープン・クローズ戦略を含む）について提案すること。
- ② 実用化に向けては、ネットワーク関連技術に関するこれまでの内外の研究開発動向を記載のうえ、その点を踏まえて実用化目標年度、実用化に至るまでの段階

を明示した取組計画等を記載し、提案すること。

また、製品・サービスの実現に向けたアプローチが考えられる場合には、製品として実装する際のコスト等（メンテナンス等の後年度負担やソフトウェア産業への展開も含む）への配慮を含め、具体的な取組計画を記載しつつ、提案すること。

③ 目標を達成するための具体的な研究方法、実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について提案書の中にできるだけ具体的に記載すること。複数機関による共同研究を提案する際には、分担する技術間の連携を明確にし、インタフェースを確保すること。

④ 研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

また、平成30年度から令和2年度まで実施している「革新的AI ネットワーク 統合基盤技術の研究開発」の内容を踏まえ、当該研究開発受託者と連携、協力して研究開発を実施すること。なお、本件について不明点がある場合には、本研究開発の担当課室まで問い合わせること。

(2) 人材の確保・育成への配慮

① 研究開発によって十分な成果が創出されるためには、優れた人材の確保が必要である。このため、本研究開発の実施に際し、人事、施設、予算等のあらゆる面で、優れた人材が確保される環境整備に関して具体的に提案書に記載すること。

② 若手の人材育成の観点から行う部外研究員受け入れや招へい制度、インターシップ制度等による人員の活用を推奨する。また、可能な限り本研究開発の概要を学会誌の解説論文で公表するなどの将来の人材育成に向けた活動についても十分に配慮すること。これらの取組予定の有無や計画について提案書において提案すること。

(3) 研究開発成果の情報発信

① 本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に、実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施し、その活動計画・方策については具体的に提案書に記載すること。

② 研究開発成果については、原則として、総務省としてインターネット等により発信を行うとともに、マスコミを通じた研究開発成果の発表、講演会での発表等により、広く一般国民へ研究開発成果を分かりやすく伝える予定であることから、当該提案書には、研究成果に関する分かりやすい説明資料や図表等の素材、英訳文書等を作成し、研究成果報告書の一部として報告する旨の活動が含まれていること。さらに、総務省が別途指定する成果発表会等の場において研究開発の進捗状況や成果について説明等を行う旨を提案書に記載すること。

- ③ 研究開発終了後に成果を論文発表、プレス発表、製品化、Web サイト掲載等を行う際には「本技術は、総務省の「先進的仮想化ネットワークの基盤技術の研究開発」（令和2年度一般会計予算）による委託を受けて実施した研究開発による成果です。」という内容の注記（英訳したものを含む）を発表資料等に都度付すこととする旨を提案書に明記すること。

（４）その他

研究開発の実施にあたっては、オープンソースソフトウェアや国立研究開発法人等が整備するテストベッド等の活用を検討し、研究開発の効率化を図るよう努めること。