



Beyond

5Gネットワークにおけるネットワーク機能仮想化の動的スケーリングとリアルタイムスケジューリング

メタデータ	言語: English 出版者: 公開日: 2025-06-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: CHEN, ZHENKE メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15118/0002000335

氏名	CHEN ZHENKE (チェン チェン)
学位論文題目	Dynamic Scaling and Real-Time Scheduling in Network Function Virtualization for Beyond 5G Networks (Beyond 5G ネットワークにおけるネットワーク機能仮想化の動的スケールリングとリアルタイムスケジューリング)
論文審査委員	主査 准教授 李 鶴 教授 董 冕雄 教授 太田 香 (株式会社安藤ハザマ 顧問) 谷口 智彦

論文内容の要旨

ネットワーク機能仮想化 (NFV) とともに、移動体通信事業者は、ネットワークの柔軟性、機動性、スケーラビリティ、コスト効率を向上させながら、第 5 世代 (5G) ネットワークの構築を開始しました。しかし、5G 技術では、今後の Beyond 5G (B5G) や 6G に向けて予測される、大量の IoT デバイスからの膨大なデータトラフィックの増加に対応できないと予測されています。このため、データ需要の指数関数的な増加や、より厳しいユーザー体験要件に対応するために、既存の 5G ネットワークをアップグレードするという大きな課題が浮上しています。

本論文では、B5G/6G トラフィックに対応し、今後の B5G/6G アプリケーションの体験品質 (QoE) を向上させるために、以下の 3 つの研究を行いました。まず、B5G/6G アプリケーションからの大量のトラフィックを処理するための性能スケールリング機構を開発しました。これには、現在のネットワーク状況やユーザー需要に基づいてネットワーク機能を効率的にスケールリングする技術の設計が含まれます。次に、NFV ネットワークにおける 5G ユーザーのサービス品質 (QoS) を向上させました。提案したソリューションは、エンドツーエンド遅延の削減や、さまざまな 5G サービスに十分な帯域幅を確保することなど、5G ユーザーが体験する QoS を改善することを目的としています。最後に、デジタルツイン (DT) やバーチャル/拡張現実 (VR/AR) など、リアルタイムの B5G/6G アプリケーションに対する QoE を最適化しました。著者は、B5G/6G アプリケーションの QoE を定量化する指標として情報の鮮度 (Age of Information, AoI) を用い、トラフィックルーティング問題を解決することで QoE を確保するアプローチを提案しました。

ABSTRACT

Along with Network Function Virtualization (NFV), Mobile Network Operator started to build the fifth generation (5G) networks while enhancing network flexibility, agility, scalability, and cost-efficiency. However, 5G technology is predicted to be unable to adapt to the huge data traffic generated by massive IoT

devices in the future beyond 5G (B5G) and the future 6G era. This has raised the tremendous challenge of upgrading the existing 5G network to adapt to the exponential growth in data demands and stricter requirements of user experience.

To make the 5G network adapt to forthcoming B5G/6G traffic and improve the Quality of Experience (QoE) for upcoming B5G/6G applications, in this dissertation, the author developed three research. First, the author developed a system for scaling the network function capacity to handle massive traffic from B5G/6G applications. Second, the author ensures the Quality of Service (QoS) for 5G applications. The solutions aim to improve the QoS of 5G applications, such as reducing delay and ensuring sufficient throughput for different 5G services. Finally, the author optimized the QoE for real-time B5G/6G applications like Digital twin (DT) and Virtual/Augmented Reality (VR/AR). The author uses a metric called Age of Information (AoI) to measure QoE in B5G/6G applications and solve the traffic routing problem to ensure QoE.

論文審査結果の要旨

ネットワーク機能仮想化 (NFV) とともに、移動体通信事業者は、ネットワークの柔軟性、機動性、スケーラビリティ、コスト効率を向上させながら、第5世代 (5G) ネットワークの構築を開始した。しかし、5G技術では、今後のBeyond 5G (B5G) や6Gに向けて予測される、大量のIoTデバイスからの膨大なデータトラフィックの増加に対応できないと予測されている。このため、データ需要の指数関数的な増加や、より厳しいユーザー体験要件に対応するために、既存の5Gネットワークをアップグレードするという大きな課題が浮上している。

本論文では、B5G/6Gトラフィックに対応し、今後のB5G/6Gアプリケーションの体験品質 (QoE) を向上させるために、以下の3つの研究を行う。まず、B5G/6Gアプリケーションからの大量のトラフィックを処理するための性能スケーリング機構を開発する。これには、現在のネットワーク状況やユーザー需要に基づいてネットワーク機能を効率的にスケーリングする技術の設計が含まれる。次に、NFVネットワークにおける5Gユーザーのサービス品質 (QoS) を向上させる。提案したソリューションは、エンドツーエンド遅延の削減や、さまざまな5Gサービスに十分な帯域幅を確保することなど、5Gユーザーが体験するQoSを改善することを目的としている。最後に、デジタルツイン (DT) やバーチャル/拡張現実 (VR/AR) など、リアルタイムのB5G/6Gアプリケーションに対するQoEを最適化した。著者は、B5G/6GアプリケーションのQoEを定量化する指標として情報の鮮度 (Age of Information, AoI) を用い、トラフィックルーティング問題を解決することでQoEを確保するアプローチを提案する。

以上のように、提出された論文の新規性と有用性は評価され、大規模な実験分析によって得られた結果は、NFV技術がB5G/6Gネットワークに対して持つ価値を実証するだけでなく、将来の通信ネットワークにおけるNFVの実際の導入にも大きな価値を持つことが示されている。本研究は、学术界および産業界の双方に貢献している。したがって、本論文は博士（工学）学位を授与する資格があると認定された。