OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Studies on Mobile Communication System Architecture for Accommodating IoT Devices and Mobile Users
Author(s)	阿部, 修也
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/82293
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式3

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 （ 阿部修也 ）	
論文題名	Studies on Mobile Communication System Architecture for Accommodating IoT Devices and Mobile Users （IoT端末及びモバイルユーザを収容する移動体通信システムアーキテクチャに関する研究）

論文内容の要旨

現在、インターネット・トラフィックの大部分はモバイルやIoTデバイスからである。この背景には、アプリケーションのクラウドコンピューティング化、スマートフォンなどのユーザーデバイスにおけるアプリケーションのリッチコンテンツ化、エッジデバイスの機能性と多様性の向上がある。

また、IoT端末の普及によりセルラーネットワークの需要が高まる中、モバイルコアネットワークの大容量化が重要となっている。しかし、コアネットワークの収容時にコアネットワーク内のノード間のシグナリングオーバヘッドを低減するための既存の研究はほとんどない。本研究では、セルラーネットワークにIoTデバイスを効率的に収容するためのネットワークアーキテクチャに関する研究をまとめた。まず、仮想化技術とC/Uプレーン分離を用いたモバイルコアネットワークアーキテクチャを数理解析により評価し、さらに、大規模なM2M/IoT端末に対応するため、制御プレーンの負荷を軽減する通信集約方式を提案する。

また、モバイル通信の収容先としてLow-Power Wide-Area Network (LPWAN)が、低消費電力・広域IoT通信に着目して設計されており、免許周波数帯で展開されるセルラーLPWAN (Cellular-IoT：C-IoT) と、免許周波数帯で展開される非セルラーLPWANが存在する。ここでは、セルラーLPWANの一つであるNB-IoTに着目し、C-IoT通信を定期的にサポートするためのモバイルセルラーネットワークとして、ランダムアクセス手順、無線リソース割り当て、Evolved Packet Coreネットワークにおけるベアラの確立、ユーザデータ伝送などを考慮した詳細な解析を行っている。

また、ネットワークへの要求は多様化しており、5G スライシングもそれに対応する手段の一つとなっている。しかし、セルラーネットワークと非セルラーネットワークのセルをまたいで移動するユーザの通信要求により、サービスベースで構築・管理された5Gスライシングでは、その要求を満たすことができない。このような通信に対応するためには、サービス単位でのスライシングでは不十分であり、新たなモバイル通信アーキテクチャが必要となる。そこで、多様化・パーソナライズされたネットワークサービスに対応するためのアーキテクチャとして、User-Oriented slicing NetworkArchitecture (UONA)を提案する。UONAは、ユーザの多様な仕様要求を満たすために、ユーザ単位でネットワークスライスを維持するための新しいアーキテクチャである。

様式7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　阿部　修也　）		
	（職）	氏　名
論文審査担当者	主査　教授	松岡　茂登
	副査　教授	村田　正幸
	副査　教授	長谷川　亨
	副査　教授	東野　輝夫
	副査　教授	渡辺　尚

論文審査の結果の要旨

近年のIoT（Internet of Things）機器やスマートフォンなどの移動型機器の増加に伴い、5GやLTE（Long Term Evolution）などのモバイルコアネットワークにおいて，通信回線（ベアラ）を提供できる端末の台数すなわち収容台数を増加させることが重要になっている．IoT機器は，繰り返して少量のデータを送受信するといった，移動ユーザが利用するスマートフォンとは異なる通信特性を有している．この通信特性を考慮することで効果的に収容台数を増やせるが，従来技術では，IoT機器に適したネットワークを柔軟に構築することが困難であった．本博士論文では，これに対して，多数のIoT機器と移動型機器を収容することを目的として，モバイル通信システムアーキテクチャを提案している．本博士論文の提案と貢献は以下の通りである．

第一に，ネットワーク仮想化技術とC/U分離機能を備えたモバイルコアネットワークアーキテクチャを数学的解析により評価した．また，莫大な数のIoT機器の収容に伴うコントロールプレーンの負荷を削減するためのベアラ集約手法を提案した．数値評価の結果，モバイルコアネットワークの収容台数が，ネットワーク仮想化とC/U分離により32.8%向上することと，ベアラ集約により201.4%向上することを確認した．さらに，モバイルコアネットワークの性能を維持するためには，各端末がベアラを共用するタイミングを，通信特性や収容するIoT機器の数に応じて慎重に決定する必要があることを明らかにした．

第二に，LTEとNB-IoT（Narrow Band IoT）の相違点に着目し，周期的C-IoT（Collaborative IoT）通信をモバイルセルラーネットワークで行う場合の性能解析を行った．性能解析にあたり，コントロールプレーンとデータプレーンにおける通信両端性能の解析モデルを構築した．これには，端末のランダム接続，無線資源配置，LTEコア（EPC, Evolved Packet Core）ネットワークにおけるベアラ確立，ユーザデータ転送が含まれる．さらに，構築した解析モデルは，5GやLTEの標準化プロジェクト3GPP（Third Generation Partnership Project）で提案されている無線資源早期解放による影響も考慮している．数値評価により，NB-IoTがLTEと比べて8.7倍のIoT機器を収容できるが，データ転送に大きな遅延が発生することを明らかにした．

第三に，上記の結果を踏まえて新たなネットワークアーキテクチャUONA（User-Oriented Network slicing Architecture）を提案した．UONAでは，ネットワークスライスがユーザに主眼を置いて管理される．これにより，ネットワークスライスを細分化することで，各ユーザの多様な要求への対応が可能となる．また，UONAでは，ネットワークスライス生成処理を，サブスライス生成処理と，サブスライスから通信量端末のネットワークスライスを生成する処理の二つのサブプロセスに分離している．各ユーザのネットワークスライスに関するパラメタを適切に選択することで，UONAが5Gネットワークにおいて，コントロールプレーンのオバーヘッドとユーザ側で発生するハンドオーバーの頻度を削減できることを確認した．

本博士論文で取り扱う技術は，IoT時代のモバイルコアネットワークにおいて多数の端末を収容するという課題に挑戦するものである．本博士論文では，ネットワーク仮想化とC/U分離機能を導入し，IoT機器の通信特性を適切に捉えることで課題を解決する新たなネットワークアーキテクチャを提案，評価している．本博士論文では，今後のモバイル通信システムにおいて必要な技術を確立する成果を出している．以上のような理由から，本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める．