

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目 アプリケーション品質に基づく
 通信トラフィック制御技術の研究

氏 名 里田 浩三

論文内容の要旨

急速に進化、普及するモバイルネットワークは、社会の様々な分野で利用されている。モバイルデータのトラフィック量は2017年から2022年までに7倍増加すると見込まれている。このようなモバイル通信のトレンドに対し、通信キャリアは基地局の増加、新たな無線周波数帯の導入、5Gなどの高速通信方式により対応を試みている。しかし、モバイル通信はトラフィック量が増加するだけでなく、アプリケーションの多様化も進んでいる。電話による音声通信、テキストメッセージが主体であったモバイル通信はが、現在では、ビデオ、オーディオ、WebやSNS、ソフトウェアダウンロードなど、様々なアプリケーションで利用されている。このようなトラフィック傾向に対し、基地局の増加等の対応だけでは、アプリケーション通信の品質を確保するのは容易ではない。

本論文では、モバイルネットワークのアプリケーション通信品質を確保、向上するため、アプリケーション品質の向上を妨げる原因を下記であると仮定した。

1. 通信キャリアを流れるトラフィックのうち、インターネット上のクラウドサービスのトラフィックが増加していること
2. 多様なアプリケーショントラフィックが混在していること
3. トラフィック量の変動により、通信のために十分な無線リソースを確保できないこと

それぞれの原因に対し、解決方法を提案し、評価を行った。

1章では、モバイルネットワークのアプリケーション通信品質を確保、向上することが必要な背景や技術的な問題を俯瞰した。

2章では、前記問題に対する既存技術とそれらの課題について俯瞰した。

3章では、インターネットではトランスポートプロトコルとしてTCPが主に用いられるが、モバイルネットワークではTCP性能が充分に出ないことを明らかにした。これに対し、インターネットとモバイルネットワークの境界となる通信キャリアのコアネットワーク内に中継サーバを配備し、中継サーバにおいてモバイルネットワ

ークに最適な TCP 制御を行うアーキテクチャを提案した。また、中継サーバと基地局と連携する TCP アルゴリズムを提案し、モバイルネットワークの変動に追従して高い通信スループットと短い RTT を両立することを示した。これにより、TCP を用いるインターネットアプリケーションの性能を向上することができる。

4 章では、様々なアプリケーションごとの特性に基づいた基地局のスケジューリング方式を提案した。モバイルネットワーク、特にモバイルネットワークの基地局ではアプリケーションを区別せず、もしくは登録されたアプリケーションのみで無線リソースの割り当てを行っている。特にビデオストリーミングと Web 閲覧のユーザが混在している場面を想定し、基地局が UE に無線リソースを割り当てるスケジューリングプロセスにおいて、ビデオストリーミングと Web 閲覧の割り当て優先度を決定する。ビデオ視聴時、Web 閲覧時に QoE が一定以上であると通信に満足するが、それ以下になると通信状況に不満を感じるユーザが増加するため、QoE を一定以上となり満足するユーザ数(許容端末数)を増やすことを目的とし、ビデオ視聴と Web 閲覧の QoE に基づいたスケジューリング方式を提案した。端末が移動する環境を想定したシミュレーションにより、提案方式は従来方式と比較して、Web 閲覧端末の平均 QoE を最大 1.48 ポイント向上できること、ビデオ視聴端末と Web 閲覧端末の許容端末数を最大 2.1 倍増加させることができることを示した。

5 章では、基地局に通信トラフィックが集中することで、基地局から UE への通信に十分な無線リソースが割り当てられない、という問題に対し、通信トラフィック量は時間により大きく変動するため、基地局が混雑する環境でも、基地局の無線リソースに空きができる時間があることを明らかにした。このような空きリソースを活用し、リアルタイム性が求められないトラフィック(ダウンロードトラフィックなど)は、基地局が混雑するピーク負荷の時間を避けて、空きリソースが出るまで遅延させるオフピークデータ通信システムを提案した。オフピークデータ通信を実現するために、UE において、パッシブに UE と基地局間の利用可能帯域を推定する手法について提案した。推定方式の評価は LTE の実験ネットワークおよび商用ネットワークの両者で行い、UE でパッシブに測定した RSRQ、SINR、CQI を使って利用可能帯域を高精度に推定できていることを示した。利用可能帯域推定を用いて、UE が自律的に非リアルタイムトラフィックのダウンロードタイミングを自律的にシフトすることで、リアルタイム通信の通信品質を劣化させずに基地局のピーク負荷を軽減することができる。

以上の研究により、モバイルネットワークのアプリケーション通信品質を向上し、今後通信キャリアのモバイルネットワークへの投資効果を向上することが期待できる。

より大容量のモバイル通信を収容するため、5G の導入が進んでいる。5G でも基地局の RB 構成や通信方式は同様の考え方が導入されており、提案した手法はより高速な通信方式にも対応可能であると考えられる。5G の導入が進む一方、2023 年末でも全モバイルユーザの 90%は LTE/4G を利用していると報告されている。今後も、提案手法により、モバイル通信に対するユーザの体感品質を向上し、かつ通信インフラの投資効果を向上することが望まれる。