

# 5Gのポテンシャルを最大限に引き出す トラフィック制御ソリューション (TMS)

山中 浩充 住吉 泰明 荒井 祐一

## 要旨

モバイル通信事業者は、環境問題に対する意識の高まりと、5Gサービスの開始を背景に、「パケ詰まり」への対策、通信設備のTCO (Total Cost of Ownership) 削減、カーボンニュートラル達成という3つの課題を抱えています。トラフィック制御ソリューション (TMS) は、通信状況に応じて送信可能なデータ量をリアルタイムに予測することで、5Gの潜在能力の高さによって引き起こされるパケ詰まり現象を解決します。通常時は5Gのポテンシャルを最大限に引き出すことで高速通信を実現しつつ、特定時間や場所でのアクセス集中や瞬間的な混雑によるスループット低下を改善します。また、無駄なデータ送信が減ることにより、通信設備のTCO削減やカーボンニュートラル達成にも貢献します。



トラフィック制御/パケ詰まり/TCO/カーボンニュートラル

## 1. はじめに

近年、モバイル通信事業者を取り巻く事業環境は2つの側面から大きく変化しています。1つ目は、5Gサービスの開始です。通信ネットワークの進化により高精細動画など大容量トラフィックを発生させるインターネットサービスが増加しています。同時に、そのような大容量サービスを存分に楽しみたいユーザーのために、通信料金の値下げや実質使い放題などの動きが加速しています。

2つ目は、環境問題です。地球温暖化の進行を食い止めるべく、脱炭素による環境負荷抑制に対する社会からの要請が産業界全体に高まっています。

本稿では、このような社会背景を踏まえてモバイル通信事業者が直面する課題を明らかにし、それを解決するNECのトラフィック制御ソリューション (Traffic Management Solution) (以下、TMS) について紹介します。

## 2. モバイル通信事業者の課題とTMSによる解決

### 2.1 モバイル通信事業者が直面する課題

モバイル通信事業者の課題を図1に示します。1つ目は、サーバからの応答が遅延する「パケ詰まり」です。コンテンツの高精細化や通信料金プランの変化、QUIC<sup>\*1</sup>など瞬間的に大量のデータを発生させるインターネット技術の登場により、一部のインターネットサービスやユーザーがトラフィックを占有しやすい状況になっています。特定の時間や場所にアクセスが集中してパケットが流れづらくなると動画再生が中断するといった事象が発生してユーザーの不満につながるため、パケ詰まりの解消が求められます。

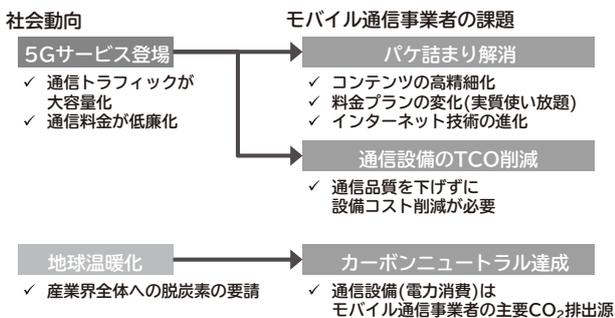


図1 モバイル通信事業者の課題

\*1 TCPの改善を目的に標準化されたトランスポート層の通信プロトコル。UDP上に実装される。

2つ目は、通信設備のTCO (Total Cost of Ownership) 削減です。モバイル通信事業者は5Gサービス提供のために設備コストが上昇する一方、料金の実質値下げでサービス提供単価は低下し続けています。1つ目の課題である通信品質に影響を与えずに通信設備のTCOを抑制することが重要な経営課題となっています。

3つ目は、カーボンニュートラルの達成です。パケ詰まりを抑えて無駄なトラフィックを減らし設備コストを抑制することは、消費電力の削減につながります。モバイル通信事業者の主要なCO<sub>2</sub>排出源は通信設備であり、カーボンニュートラルを達成するために欠かせない取り組みといえます。

## 2.2 TMSによる課題解決

TMSは、通信速度向上及びネットワーク利用効率向上という2つの価値を同時に実現可能であり、両者を組み合わせることでモバイル通信事業者の課題を解決します。

### 2.2.1 通信速度向上

5Gは4G (LTE) の10倍以上の通信速度を出せるポテンシャルを備えていますが、インターネットサービスは遅い速度で通信が始まり、ネットワークが混雑していなければ徐々に加速していく仕組みになっています (スロースタート)。しかし、ユーザーが通信速度を実感するのは、スマートフォンでアプリケーションを立ち上げてからサービスが利用できるまでのタイムラグの時となります。このタイムラグが小さいほど快適さを感じることができますが、スロースタートの機構により4Gと比べてそれほど大きな進化を感じにくいのが現状です。しかし、TMSは、通信速度を短時間で最高速度に到達させるよう制御することで、ユーザーが体感するサービス品質を劇的に向上させることができます。

### 2.2.2 ネットワーク利用効率向上

一方、アクセス集中時は、パケットが基地局などのネットワーク装置に滞留するパケ詰まりが発生します。一定時間滞留すると送信元のサーバが再送を始めるため、更に滞留が増えてしまう悪循環に陥り、ユーザーの体感品質が著しく悪化します。TMSはこのような状況下では、通信速度をあえて抑えてパケットを流れやすくすることで結果的に体感品質を向上させます。また、パケ詰まりの原因が大容量トラフィックを発生させる一部のインターネットサービスやユーザーである場合には、通信の公平性を担保する観点

から、そのサービスやユーザーに限定して制御する必要があります。TMSは、そのようなモバイル通信事業者のポリシーに応じた制御も可能です。

パケ詰まり解消は、通信コスト及び環境負荷抑制の面でもメリットがあります。パケ詰まりが起きてサーバが再送すると、同じパケットが複数回ネットワークを通過することになり、通信設備を無駄に使用することとなります。従来、パケ詰まりに対してモバイル通信事業者はネットワーク設備の増強で対応してきましたが、ユーザーにリーズブルな料金で5Gサービスを提供するためには過剰な設備増強は抑える必要があります。また、カーボンニュートラル達成のためにも、ネットワーク利用効率の向上による消費電力抑制が重要です。

### 2.2.3 通信速度向上とネットワーク利用効率向上の両立

ネットワークが空いていれば通信加速度を大きくし、混んでいたら速度を遅くしてパケ詰まりを和らげるためには、ネットワーク混雑状況の正確な観測が必要です。この極めて難易度の高い技術が、NECが開発したAdaptive TCP Optimization (以下、A-TCP) です。第3章で詳しく説明します。

## 3. TMSの機能と特長

TMSのトラフィック制御構成を図2に示します。3階層の価値を組み合わせ実現しますが、その中核がA-TCPです。

### 3.1 ネットワーク基本性能の向上

下層に位置付けられる「ネットワーク基本性能の向上」はTCP Optimization機能で実現します。この機能は通信速度を自由に設定でき、通信初期の加速度やその後の最高速度を伸ばしたい場合には積極的にパケットを送

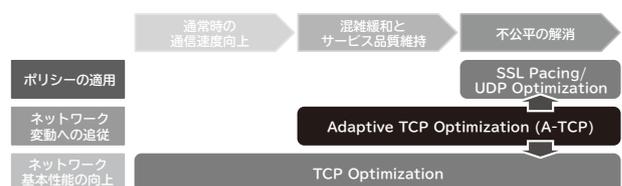


図2 TMSのトラフィック制御構成

るようにチューニングします。図3に示すように、TMSは商用サービスにおいて、通信初期の平均スループットを560%向上させた実績があります。

しかし、このように積極的にデータを送信するとネットワーク混雑時にはサービス品質が著しく劣化するため、一般的なTCP Optimization製品では程々の設定に留めざるを得ず、5Gのポテンシャルを十二分に引き出すことができません。

### 3.2 ネットワーク変動への追従

中層に位置付けられる「ネットワーク変動への追従」はA-TCP機能で実現します。A-TCPの核となるのは、ユーザーのセッション単位に通信状況を継続観測し、「今のくらいのパケットを送れるのか？」をリアルタイムに予測する技術です。これにより、ネットワークが空いている場合は積極的にパケットを送り出し、アクセス集中による混雑を検知したらスループットを下げても無駄な再送が起きないように制御します。また、4Gと5G間や5GのSub6GHz帯とミリ波帯のように最高速度が異なるネットワークをまたがるハンドオーバーが起こっても、速度変化を検知して瞬時に追従します。5Gは最高速度が高いがゆえに通信速度の変化が激しく、適切に制御しないと再送を誘発して4Gより遅くなるようなことすら起こります。図4に示すように、TMSは商用サービスにおいて混雑エリアにおける再送を約66%減らし、4Gと5G間のハンドオーバー時におけるスループットの伸びを約80%向上させました。いざというときに通信速度を抑えられるA-TCPがあるからこそ、第3章1節のTCP Optimizationを性能

最優先でチューニングすることが可能です。

### 3.3 ポリシーの適用

上層に位置付けられる「ポリシーの適用」は動画などのアプリケーションごとの制御が可能なSSL Pacing/UDP Optimization機能で実現します。特定のインターネットサービスやユーザーがネットワークリソースを占有して公平性が阻害されているようなケースにおいて、モバイル通信事業者が定めるポリシーに沿って制御することが可能です。図5に示すように、TMSは商用サービスにおいてサービス品質にほとんど影響を与えずにピークトラフィックを97%抑制した実績があります。しかし、ネットワークが混雑していなければ一部のユーザーが大量のトラフィックを発生させても構わないため、ここでもA-TCPの存在が効いてきます。通常は必要最小限の制御に留め、混雑時だけしっかり抑えることが可能となります。

## 4. 5G-Advanced<sup>2</sup>、6Gに向けて

今後5Gはますます進化し、先行して実現されている

ハンドオーバー時のスループット向上

TMS非経由	TMS経由	改善率
309.0Mbps	553.3Mbps	79.1%

混雑時の再送数抑制

TMS非経由	TMS経由	改善率
17,917,324	6,139,342	65.7%

図4 A-TCPによるネットワーク変動への追従

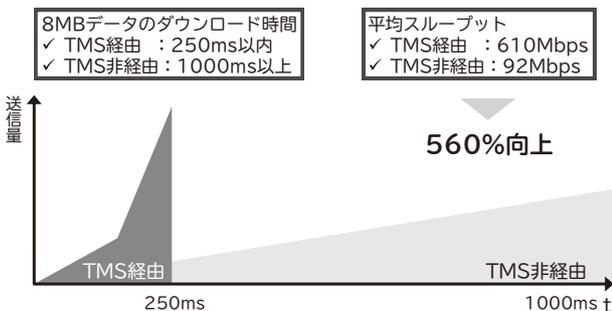


図3 TMSによる通信初期の速度向上

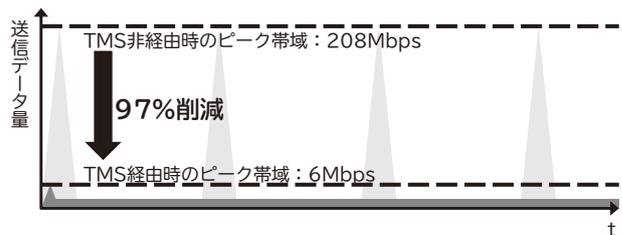


図5 TMSによるピークトラフィック削減

<sup>2</sup> 5Gの更なる進化に向け3GPP Release18以降で標準化が進められている仕様の総称。



# NEC 技報のご案内

NEC 技報の論文をご覧いただきありがとうございます。  
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報 (日本語)

NEC Technical Journal (英語)

## Vol.75 No.1 オープンネットワーク技術特集

～オープンかつグリーンな社会を支えるネットワーク技術と先進ソリューション～

オープンネットワーク技術特集よせて  
NECのオープンネットワークに向けた技術開発と提供ソリューション

### ◆ 特集論文

#### Open RANとそれを支える仮想化技術

Open RANがもたらすイノベーション  
モバイルネットワークにおける消費エネルギー削減  
自己構成型スマートサーフェス  
Nuberu: 共有プラットフォームによる高信頼性のRAN仮想化  
vrAln: vRANにおけるコンピューティングリソースと無線リソースのためのディープラーニングベースのオーケストレーション

#### 5G/Beyond 5Gに向けた無線技術

グリーン社会の実現に向けたNECにおける5G/Beyond 5G基地局のエネルギー効率化技術開発  
双方向トランシーバアーキテクチャを備えたミリ波ビームフォーミングICとアンテナモジュール技術  
5G/6G屋内ワイヤレス通信向け1ビットアウトフェーディング変調による光ファイバ無線システム  
空間分割多重を用いた28GHz帯マルチユーザー分散Massive MIMO  
28GHz帯マルチユーザー分散MIMOシステムを用いたOTFS変調信号のOTA測定  
Sub6GHz帯アクティブアンテナシステムにおける空間多重性能の改善  
トランジスタ非線形モデルを使用しないブラックボックスドハティ増幅器の設計手法  
最大8マルチユーザー多重化を実現する39GHz帯256素子ハイブリッドビームフォーミングMassive MIMO

#### オープンAPN (オープン光・オール光)の実現への取り組み

APN実現に向けたNECの取り組み～Openな光ネットワーク実現に向けて～  
APN実現に向けたNECの取り組み～APN製品(WXシリーズ)の特長～  
APN実現に向けたNECの取り組み～フィールドトライアル～  
オールフォトニクスネットワークを支えるシリコンフォトニクス光源による波長変換技術  
NEC Open Networksを支える光デバイス技術～800G超の光伝送技術～

#### コア&パリアーネットワークへの取り組み

カーボンニュートラルな社会の実現に向けたデータプレーン制御を支える技術  
5G時代の人々の暮らしを支えるNECのネットワークスライシング技術  
Beyond 5G、IoT、AIを活用したDX推進を支えるアプリケーションアウェアICT制御技術  
通信事業者向け5Gコアネットワークにおけるパブリッククラウド活用

#### 高度なネットワークサービスを提供する自動化・セキュア化への取り組み

OSSにおける運用完全自動化へのNECの取り組み  
利用者の要件に基づくネットワークの自律運用技術とセキュリティ対応の取り組み  
情報通信ネットワークの安全性を向上するセキュリティトランスペアレンシー確保技術  
ネットワーク機器のサプライチェーン管理強化に向けた取り組み

#### ネットワーク活用ソリューションとそれを支える技術

通信事業者向け測位ソリューション  
5Gのポテンシャルを最大限に引き出すトラフィック制御ソリューション(TMS)  
ローカル5G向け小型一体型基地局「UNIVERGE RV1200」及びマネージドサービス  
産業DXを支えるローカル5G活用によるパーティカルサービス  
ローカル5G、LAN/RAN融合ソリューション

#### グローバル5G xHaulトランスポートソリューション

トランスポートネットワークの高度化を実現するxHaulソリューション・スイート  
xHaulトランスフォーメーションサービス  
xHaulトランスポート自動化ソリューション  
5G/Beyond 5Gにおける固定無線トランスポート技術  
Beyond 5Gに向けたSDN/自動化  
高効率・大容量無線伝送を実現するOAMモード多重伝送方式

#### Beyond 5G/6Gに向けて

Beyond 5G時代に向けた取り組み

### ◆ NEC Information

2022年度C&C賞表彰式典開催



Vol.75 No.1  
(2023年6月)

特集TOP