

# 5Gシステムにおける異なるQoS要求が混在したフローへの無線リソース割り当て方式の検討

玉井森彦 長谷川晃朗 横山浩之

株式会社国際電気通信基礎技術研究所

## 1 はじめに

5Gの無線システムには、スマートフォン、センサ、ロボット、スマートカーなどの様々なデバイスが接続され、それに応じてアプリケーションが発生させるトラフィックも多様化してきている。筆者らは高度5Gネットワークにおける多様なサービス要求に応じた高信頼なネットワーク制御技術の実現に向け研究開発を行っている[1]。サービス要求の多様化の一つの形態として、本研究では、一つのアプリケーションが発生させるトラフィックが本質的にQoS要求の異なる複数のフローから構成される場合に注目する。そのようなアプリケーションの代表的な例として、段階的に品質を向上可能なコーデックを用いたビデオ配信サービス[2]が挙げられる。そのようなサービスでは、動画データ全体が、動画の視聴に最低限必要なデータを送信するフロー（以下、基本フロー）と、基本フローを受信した上で、さらに受信できた場合に視聴品質を向上可能なデータを送信するフロー（以下、拡張フロー）の2種類のフローにより構成されている。このような場合、アプリケーションのトラフィックとフローが一対一に対応することを想定しているような従来方式[3]では、無線リソースが不足する場合、基本フローに対して十分な無線リソースが割り当てられず、サービスを全く受けられないユーザが出てくるのが懸念される。本稿では、基本フローと拡張フローを個別に識別し、それぞれのフローに対し適切な種類の無線リソースを割り当てることで、一定水準の視聴品質を満足可能なユーザ数を向上するフロー制御方式を提案する。

## 2 想定環境

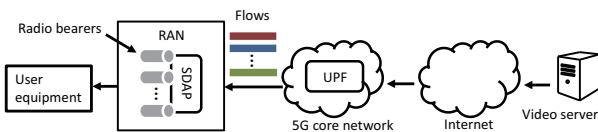


図1: 想定ネットワーク環境。

図1に本研究で想定するネットワークの全体構成を示す。ここでは、インターネット等の外部ネットワークに接続しているサーバ等と端末との間に、5GコアネットワークとRadio Access Network (RAN) が位置している標準的な5Gシステムの構成を想定する。外部ネットワークからのトラフィックに対し、5Gシステム側では、5Gコア内のUser Plane Function (UPF)

Investigation of Radio Resource Assignment for Flows with Different QoS requirements in 5G Systems  
Morihiro Tamai, Akio Hasegawa, Hiroyuki Yokoyama  
Advanced Telecommunications Research Institute International

[4]上でフロー識別処理を行い、各フローに対しその識別情報であるQoS Flow Identifier (QFI)を付与した後、RAN側へ各フローを流す。RAN側では、5Gにおいて新たに追加されたプロトコル層であるService Data Adaptation Protocol (SDAP) [5]により、各フローのQFIに基づき、各フローへの無線リソースの割り当て（無線ベアラへの割り当て）が行われる。フロー識別の際に一般的に用いられている方法として、各パケットの送受IPアドレスペア、送受ポート番号ペア、トランスポート層プロトコル、の5つの情報に基づくものがある[6]。しかしこの情報のみでは、単一のアプリケーションが送信するトラフィックが全て同一のフローとして識別されてしまうため、これに加え、本研究ではアプリケーションが品質要求に関するタグ情報を指定する方法の一つであり、Request for Comments (RFC) 4594により標準化されている、IPパケットへのType of Service (ToS) 値の付与[7]がなされていることを想定する。また、RAN側で割当てられる無線リソースの種類（無線ベアラの種類）として、以下のような特徴を持つGuaranteed Bit Rate (GBR)型とNon-GBR型が利用可能なことを想定する[4]。

**GBR型** 帯域保障を行う。Non-GBR型よりも高い優先度で無線リソースの割り当てを行う。複数のGBR型の無線ベアラ間では、早いもの勝ちで無線リソースの割り当てを行う。

**Non-GBR型** 帯域保障を行わない。GBR型よりも低い優先度で無線リソースの割り当てを行う。複数のNon-GBR型の無線ベアラ間では、利用可能な無線リソース量を均等に割り当てる。

## 3 無線リソース割り当て方式

提案方式では、アプリケーションは前述のToS値を用いて、基本フローに対し高優先度に該当するToS値（例えば、RFC4594におけるビデオストリーミングに該当するサービスクラスのToS値）を付与し、一方拡張フローに対してはベストエフォートに該当するToS値（例えば、RFC4594における標準サービスクラスに該当するToS値）を付与するものとする。5Gコアでは、ToS値に基づき、基本フローと拡張フローに対し異なる値のQFIを付与することで、それぞれを個別に識別する。RANでは、それらのフローを受信すると、基本フローに対してはGBR型のリソースを割り当て、拡張フローに対してはNon-GBR型のリソースを割り当てることで、少なくとも基本フローを受信可能なユーザ数をできるだけ確保することを目指す。基本フローと拡張フローを個別に識別しない場合と、する場合（提案方式）でのリソース割当て結果の違いを、ユーザ数が5の場合を例として図2に示す。なお本図では、基本フローと拡張フローは共に同じ量の無線リソースを

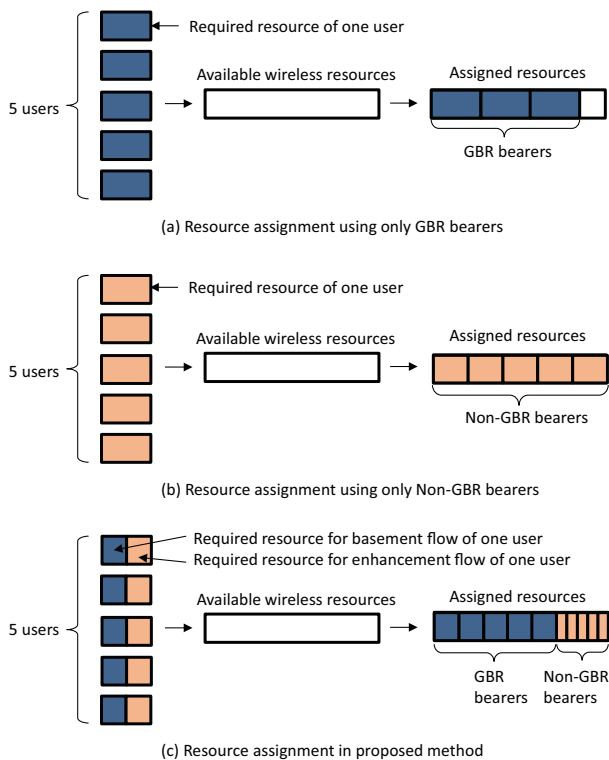


図 2: 各フローへの無線リソースの割当て.

要求するものとする。基本フローと拡張フローを個別に識別しない場合、各ユーザごとに単一のフローが識別され、それを GRB 型に割り当てるか (図 2(a)), または Non-GBR 型に割り当てるか (図 2(b)) の 2 つが考えられる。図 2(a) の場合、3 ユーザ分は拡張フローも含んだ高品質の動画が視聴できるのに対し、残りのユーザは全くサービスを受けられない状態となり、不公平感のある結果となっている。一方図 2(b) の場合、全てのユーザで無線リソースを均等に分け合うが、これにより基本フローでのパケットロスが生じるため、全てのユーザでサービスを全く受けられない状態となる。一方提案方式 (図 2(c)) では、基本フローへの無線リソースの割り当てを最優先で行うため、全てのユーザにおいて、少なくとも基本フローについては十分な品質を維持することが可能となる。

#### 4 シミュレーション評価

提案方式の有効性を確認するため、シミュレーションにより、GRB 型のみへの割当て、Non-GRB 型のみへの割当て、GRB 型と Non-GBR 型両方への割当て、を行う場合のそれぞれについて、基本フローを受信できないユーザ数がどの程度存在するかを調べる実験を行った。実験では、90 台の基地局をグリッド状 (9×10) に縦横 20 m 間隔で設置したフィールド上で、1000 ユーザ端末をランダムに配置した。各ユーザ端末は最も近い基地局へ接続するものとした。またシミュレーションモデルの簡単化のため、基地局と端末間を接続する一つの通信路について他の通信路との干渉は発生しないものとした。各ユーザ端末は基本フロー 1 つと拡張フロー 1 つの受信を要求するものとし、基本フローの受信に必要な無線リソース量を 20、拡張フローの受信に必要な無線リソース量を 10 とした。利用可能無線リソース量の変化に対する、基本フローを受信できないユーザ数の変化を図 3 に示す。図 3 より、基地局での利

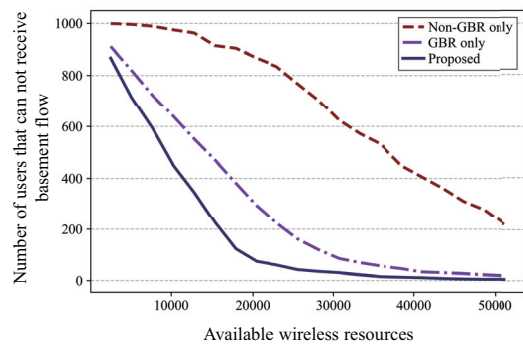


図 3: 基本フローを受信できないユーザ数.

用可能無線リソース量が増加するにつれて、全ての方式で基本フローを受信できないユーザ数が減少すること、また提案方式および GRB 型のみを用いる場合に比べ、Non-GBR 型のみを用いる場合の減少の度合いは緩やかであることが分かる。さらに、提案方式は GRB 型のみの場合に比べ、基本フローを受信できないユーザ数を全般的に小さく抑えることができています。以上より、提案方式を用いることで他の方式に比べ、少なくとも基本フローが受信でき、最低限のサービスが受けられるユーザ数を増加できることが分かる。

#### 5 おわりに

本稿では、アプリケーションが発生させるトラフィックが基本フローと拡張フローの 2 種類のフローから構成されている状況を想定し、5G システム側でそれらのフローを個別に識別し、基本フローへ優先的に無線リソースを割り当てることで、少なくとも基本フローを受信可能なユーザ数をできるだけ確保するフロー制御方式を提案した。実験より、アプリケーションのトラフィック全体を GRB 型のみ、または Non-GBR 型のみ無線ベアラへ割り当てる場合に比べ、拡張フローを Non-GBR 型へ、基本フローを GRB 型へ割り当てることで、基本フローを受信できないユーザの数を少なく抑えられることを確認した。

#### 謝辞

本研究は、総務省の「電波資源拡大のための研究開発 (JPJ000254)」における委託研究「第 5 世代移動通信システムの更なる高度化に向けた研究開発」の成果の一部である。

#### 参考文献

- [1] 玉井森彦, 長谷川晃朗, 横山浩之: “5G 高度化に向けた多様なサービス品質を考慮したフロー制御方式の検討,” 信学総大, B-5-63, p. 351, 2020.
- [2] Y. Sánchez, T. Schierl, C. Hellge, T. Wiegand, D. Hong, D. De Vleeschauwer, W. Van Leekwijck, Y. Le Louédec: “iDASH: Improved Dynamic Adaptive Streaming over HTTP using Scalable Video Coding,” in *Proc. of MMSys'11*, pp. 257–264, 2011.
- [3] M. M. Nasralla, M. G. Martini, “A Downlink Scheduling Approach for Balancing QoS in LTE Wireless Networks,” in *Proc. of PIMRC'13*, pp. 1571–1575, 2013.
- [4] 3GPP TS 23.501 “System architecture for the 5G System (5GS),” V16.7.0, 2020.
- [5] 3GPP TS 38.300 “NR; NR and NG-RAN Overall Description,” V16.3.0, 2020.
- [6] G. Xie, M. Hiofotou, R. Keralapura, M. Faloutsos, A. Nucci: “SubFlow: Towards Practical Flow-Level Traffic Classification,” in *Proc. of INFOCOM'12*, pp. 2541–2545, 2012.
- [7] J. Babiarz, K. Chan, F. Baker: “Configuration Guidelines for DiffServ Service Classes,” *RFC 4594*, 2006.