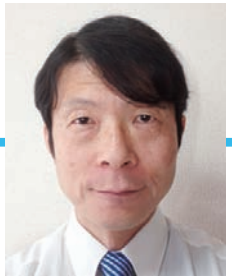
# 5G-AV-QoS技術



パナソニック株式会社　コネクティッドソリューションズ社 イノベーションセンター 係長　森本（もりもと）　哲郎（てつろう）

## 1. はじめに

第5世代移動通信システム（5G）は、「高速・大容量」、「低遅延」、「多数同時接続」を特長とする通信システムである。「高速・大容量」な通信伝送路によって、4Kや8Kといった高精細映像のリアルタイム伝送が可能になる。また、「低遅延」により、高精細映像を用いたビデオ電話等の映像を伴う双方向通信が期待されている。

本稿では、当社（パナソニック株式会社）の高精細映像伝送技術開発の取組みを紹介する。

## 2. 5G-AV-QoS技術

5G-AV-QoS技術[1]とは、パケット網を用いて映像・音声の品質を高く保ちながら、映像・音声データをリアルタイムに伝送する技術である。

パケット網を用いたリアルタイム伝送の課題は、通信網が回線交換網の場合と異なり、通信路を占有できないことにより生じる。複数のデータ通信がパケット網を共有しているため、通信網が混雑している時には輻輳が発生し、通信網の容量を超えた場合にはパケットロスが発生する。また、大量のパケットがルータ装置に滞留することから、パケット到着までに遅延が発生する。

当社の映像伝送技術は、このようなパケット網において高品質な映像伝送を実現するための技術である。本稿では、主な機能である輻輳制御、動的符号量制御、無線部連携について説明する。

### 2.1　輻輳制御

輻輳とはパケット網で通信データが混雑している状態であり、輻輳の状態のときパケットロスや遅延が発生する。輻輳制御とは、輻輳状態になることを回避するために送信側において通信データの送信レートを制御する機能である。

インターネットや5Gコア網ではIP（Internet Protocol）パケット網が使われている。パケット網を用いたデータ伝送において、ブラウザに情報を表示するためのHTTP（Hyper Transfer Protocol）やファイル転送で用いるFTP（File Transfer Protocol）のようなデータ通信では、一般にTCP（Transport Control Protocol）が使用されている。TCPには、パケットロスが発生したときに再送する機能や輻輳が発生したときに送信レートを制御する輻輳制御機能が搭載されている。このTCPの輻輳制御機能によって、特定の通信がパケット網を占有するような大量のデータを送信することがなくなり、伝送帯域を複数の通信で共有することが可能となっている。一方、音声通信（Voice over IP）などのリアルタイム伝送ではUDP（User Datagram Protocol）が使用されている。UDPは、アプリケーションの制御によって一定の送信レートでデータを送信することができるため、リアルタイム伝送に向いている。また、UDPにはTCPと異なり輻輳制御機能は搭載されていないため、アプリケーションで輻輳を回避するために送信レートを制御する必要がある。音声データの場合はデータ量が小さいため他の通信への影響は小さいが、大容量のデータを伝送する映像伝送の場合は他の通信への影響が大きいため輻輳制御は重要な機能である。UDPを用いるときの輻輳制御方式には、TCPを用いたデータ通信と共存することを目的としたTFRC（TCP Friendly Rate Control）[2]が知られている。

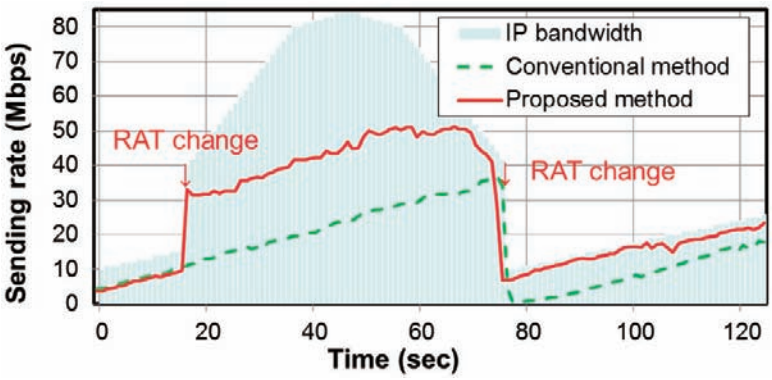
当社の5G-AV-QoSでは、TFRCをベースとした輻輳制御方式を採用している。TFRCでは、RTT（Round Trip Time）の値及びパケットロス率を用いて送信レートを算出する。TFRCの送信レートの算出式を図1の式1に示す。RTTの値

$$X = \frac{s}{R\sqrt{\frac{2bp}{3}} + t_{RTO}\left(3\sqrt{\frac{3bp}{8}}\,p(1+32p^2)\right)} \quad \cdots（式1）$$

$$R = q\,R_{last} + (1-q)\,R_{sample} \quad \cdots（式2）$$

| | | |
|---|---|---|
| X | ： | 送信レート |
| s | ： | パケットサイズ |
| R | ： | $R_{last}$, $R_{sample}$, qより算出する値（式2） |
| b | ： | 最大受信応答メッセージ数 |
| p | ： | パケットロス率 |
| $t_{RTO}$ | ： | 再送タイムアウト時間 |
| $R_{last}$ | ： | 最新のRTT値 |
| $R_{sample}$ | ： | 過去のRTT値 |
| q | ： | 重み付け係数 |

■図1.　送信レート算出式




■図2.　無線部連携のシミュレーション結果[4]

(式1内のR) はばらつきが発生するため、重み付け係数qを用いて、過去のRTTの値 ($R_{sample}$) と最新のRTTの値 ($R_{last}$) との重み付け平均値として式2で算出する。RTTの値が小さい場合、送信レート (X) は大きな値である。もし輻輳が発生するとRTTが増加し、送信レート (X) は低下する。また、パケットロス率 (p) が増加する場合も、送信レート (X) は低下する。

### 2.2　動的符号量制御

動的符号量制御とは、伝送する映像の解像度、映像コーデックの圧縮率を伝送帯域に合わせて動的に調整する機能である。伝送路の伝送帯域は上述した送信レートの計算式により算出し、その送信レートに合わせて映像の解像度及び映像コーデックの圧縮率を決定する。

5G-AV-QoSでは映像コーデックとしてH.265/MPEG-H HEVCとH.264/MPEG-4 AVCに対応している。どちらの映像コーデックを用いるかは、映像伝送開始時に設定により選択する。解像度変更では、例えば4Kの入力画像をFull HDの映像に変更して圧縮する。これにより伝送するデータ量をかなり少なくすることができる。または、映像の解像度は固定し、圧縮率だけを動的に調整することも設定により選択可能である。

### 2.3　無線部連携

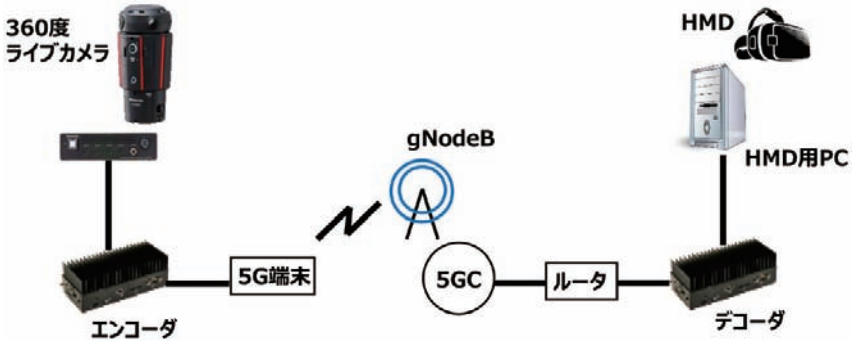
5Gではミリ波帯の利用が可能となることから、高速・大容量のデータ伝送が期待されているが、周波数が高くなると電波の届く距離が短くなるため、通信可能なセル半径が短くなる。移動しながら通信している場合、輻輳制御による送信レート制御では徐々にしか送信レートを上昇させることができず、送信レートがようやく上昇したときには高速通信可能なセルを通り抜けてしまっていたということが考えられる。このように送信レート制御だけでは高周波のセルの通信帯域を有効に利用できない可能性がある。

当社では、上述した輻輳制御による送信レート制御に加えて、ハンドオーバ等の情報を無線部から映像伝送部に通知する無線部連携機能を検討している[3][4]。そのシミュレーション結果を図2に示す。送信レート制御だけによる方法(破線・緑色) では5G-NR (New Radio) のセルに入っても徐々にしか送信レートが上昇しないのに対し、無線連携を利用する方法 (実線・赤色) では5G-NRへのハンドオーバ時に無線部より通知を受け、大きく送信レートを上げることができている。また、5G-NRのセルを出るときには無線部より通知を受け、送信レートを下げることができている。

## 3.　実施例

当社は総務省5G総合実証試験に参加し、高精細映像伝送システムを利用したサービス及びアプリケーションの実証試験を行った[5]。

実証試験に用いた高精細VR (Virtual Reality) 映像伝送システムの構成を図3に示す。映像を撮影するカメラには当社製の360度ライブカメラ (AW-360C10GJ/AW-360B10GJ[6]) を用いた。このカメラは4系統のカメラ映像をリアルタイムにスティッチング (接合) し、2:1正距円筒図法形式の360度映像を非圧縮4K30p (3840 x 2160) で出力する。この映像データをエンコーダで圧縮し、IPパケットにデータを載せて送信する。受信側ではデコーダから出力される360度映像をヘッドマウントディスプレイ (HMD) 用のPCに入力し、当社開発のソフトウェアを用いてHMDに出力する。HMDを装着することにより、自身の居る場所が遠隔地 (360度ライブカメラを設置している場所) であるかのようなVR体験




■図3. 高精細VR映像伝送システム

が可能である。以下では、高精細VR映像伝送システムを利用した実証試験として、モバイル遠隔会議、モバイル遠隔博物館、モバイル遠隔指導を紹介する。

### 3.1 モバイル遠隔会議

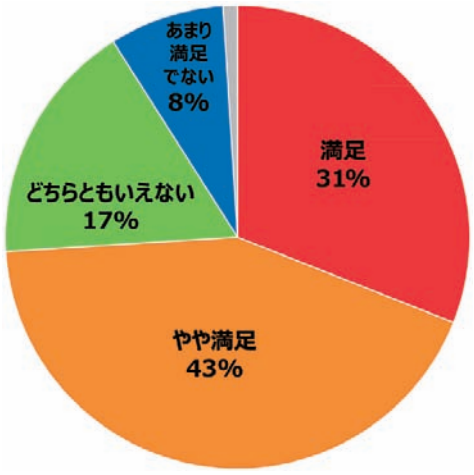
2019年1月、徳島県神山町にて5Gを用いたモバイル遠隔会議の実証試験を実施した。実証試験では、5G移動局を自動車に搭載し、自動車に乗った参加者がHMDを装着して会議に参加した。会議室には360度ライブカメラを設置し、会議室の360度映像を自動車に乗る参加者に送信した。会議室の様子を図4に示す。走行する自動車から会議に出席した被験者は、HMDによるVR映像によって会議室に居るかのような感覚で会議に参加した。

■図4. 360度ライブカメラを用いたモバイル遠隔会議風景

### 3.2 モバイル遠隔博物館

2019年2月、福井県立恐竜博物館と東京ソラマチをつないだモバイル遠隔博物館の実証試験を実施した。博物館内に5G基地局を設置し、360度ライブカメラと5G移動局を移動させながら博物館内の映像を東京に送信した。東京側の観客は、HMDを装着し、あたかも博物館内を移動しているような視覚体験と合わせて、博物館にいる研究員と対話することでよりその場にいる臨場感を体験した。

遠隔博物館訪問のユースケースに対するユーザの受容度を、2018年12月に行った同様の実証試験でアンケートにより確認した。アンケートではモバイル遠隔博物館の体験者に、「満足、やや満足、どちらともいえない、あまり満足でない、不満」から選択してもらった。アンケート結果を図5に示す。回答者は452名、そのうちの74%が満足またはやや満足と回答した。体験者からは、「普段見られないところが見られるところがよい」「リアルタイムで見られるところがよい」「その場にいるように感じられるところが良い」などの感想が得られた。




■図5. モバイル遠隔博物館の満足度アンケートの結果

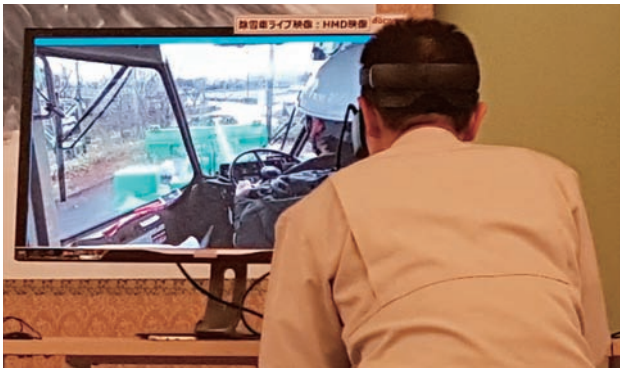
### 3.3 モバイル遠隔指導

2020年1月、福井県永平寺町にて5Gを用いたモバイル遠隔指導の実証試験を実施した。除雪車内に360度ライブカメラを設置し、遠隔地（対策センター）にて除雪車内から見える映像を確認し、操縦者にアドバイスを行った。実証

試験の様子を図6に示す。また、除雪車内からの映像を確認している様子を図7に示す。図中のモニタに表示されているのはHMD装着者が見ているのと同じ映像である。

体験者からは、音声に加えて映像もあるため離れたところにいても状況の説明が容易だったこと、HMDによる視聴のため「右にある□□を○○して」といった普段の会話のような直接的な指示が可能だったことなどから、「実際に使いたい」「思った以上に実際に操縦している感覚だった」とのコメントが得られた。

■図6.　モバイル遠隔指導の実証試験風景



■図7.　除雪車操縦者に遠隔指導している様子

## 4. おわりに

本稿では、当社の5Gを利用する映像伝送技術5G-AV-QoSを紹介した。また、高精細映像伝送を利用したサービス及びアプリケーションとして期待されるモバイル遠隔会議、モバイル遠隔博物館訪問、モバイル遠隔指導の実施例を紹介した。

### 参考文献


[1] 浅野弘明 他、“5Gでの高精細映像伝送に向けた取り組み”、信学技報、vol.118, no.474, RCS2018-327, pp.231-236, 2019年3月

[2] S.Floyd 他、RFC5348“TCP Friendly Rate Control(TFRC): Protocol Specification”

[3] 志水紀之 他、“ヘテロジーニアスネットワークにおける無線接続先に応じた上り映像伝送制御方式”、信学ソ大 B-5-27, 2017

[4] 佐野達也 他、“5G時代の新たなソリューション事業を支える無線通信技術”、Panasonic Technical Journal Vol.64, No.2, Nov. 2018

[5] 奥村幸彦 他、“5G時代のサービス協創とシステムトライアル”、情報処理、Vol.61, No.3 Mar, 2020 pp.243-249

[6] 360度ライブカメラAW-360C10GJ/AW-360B10GJ, https://panasonic.biz/cns/sav/products/aw-360/index.html


### ITUが注目しているホットトピックス

ITUのホームページでは、その時々のホットトピックスを“NEWS AND VIEWS”として掲載しています。まさに開催中の会合における合意事項、ITUが公開しているICT関連ツールキットの紹介等、旬なテーマを知ることができます。ぜひご覧ください。

https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx