

IoTサービスを支えるデータストリームアシスト技術

NTTネットワーク基盤技術研究所では、高機能・高性能なIoT（Internet of Things）デバイスを活用した複雑なサービスを支えるネットワークを提供するために、軽量かつ柔軟に配置可能なデータストリームアシスト技術の研究開発を行っています。本稿では、具体的なユースケースとして、4K監視カメラ映像を多種多目的の利用用途に応じて、通信プロトコル・通信タイミング・通信量を変更し、ネットワークの利用効率を向上させるとともに、IoTサービス事業者の利便性向上につなげる技術を紹介します。

ひご なおき つばき たくま
肥後 直樹 / 鰐木 拓磨
こしち こうじゅん つばき としみつ
越地 弘順 / 椿 俊光
くわはら たけし
桑原 健

NTTネットワーク基盤技術研究所

IoTサービスを支えるネットワーク実現への取り組み

近年、IoT（Internet of Things）という言葉の浸透とともに、さまざまなデバイスが通信モジュールを有し、通信ネットワークに接続することが一般的となってきました。IoTの普及・進展により、環境の可視化や作業の遠隔化・自動化が進み、生産性の向上が期待されています。現在、世の中に提供が始まっている多くのIoTサービスでは、温度センサや電源スイッチなどの比較的簡易なデバイスが用いられていますが、IoTというコンセプトが指し示すデバイスには監視カメラ、ドローン、ロボットやVR（Virtual Reality）機器など高機能・高性能なものも含まれます。高機能・高性能なデバイスは、映像などの大容量な情報を持つメディアやデバイスの状態や制御にかかわるRAWデータ（圧縮などの符号化がされていない状態の数値データ）を送受信することが可能であるため、大量のデータストリームを用いたサービスの登場も予想されます。

NTTネットワーク基盤技術研究所は、IoTサービスを支えるネットワークの実現を目的とし、大量のデータス

トリームに対して、社会全体のICT化を促進する通信キャリアとして提供すべきネットワーク技術の創出をめざしています。

IoTデータストリームの特徴とアプローチ

本稿では、高機能・高性能なデバイスから送受信される大量のデータストリームをIoTデータストリームと定義しています。このIoTデータストリームの特徴は、①断続的に発生する大容量の通信であること、②サービス事業者またはエンドユーザによって異なる用途や要求品質が求められることが考えられます（図1）。

①の特徴から、IoTデータストリームを処理する機能を一極集中させると、トラフィックが極端に偏ります。そのため、機能を分散させるために細かく必要最低限の機能を展開可能なアーキテクチャが求められます。また、②の特徴から、異なる用途や要求品質にこたえるために、デバイスの高度化や多様化だけでなく、ネットワークでも対応することが重要です。

データストリームアシスト技術の概要

NTTネットワーク基盤技術研究所では、IoTデータストリームの特徴に対応し、アプリケーションやデバイスをネットワークがアシストすることで、IoTサービスの利便性を向上させることを目的として、データストリームアシスト技術の検討を進めてきました。

データストリームアシスト技術は、トランスポート層からアプリケーション層にあたる通信プロトコルの処理に介在し、専用のハードウェアを用意することなく軽量なソフトウェアで動作するネットワーク機能モジュール群を柔軟に分散配置する技術です。本技術によりIoTサービスを提供するサービス事業者やIoTサービスを利用するエンドユーザごとのさまざまな用途や要求品質に対応し、新サービスの簡易な構築および付加価値向上を実現します。

また、データストリームアシスト技術において実現する有効な機能とユースケースを創出するために、通信キャリアの観点だけではなく、具体的なサービス事業者と連携し、両者の機能

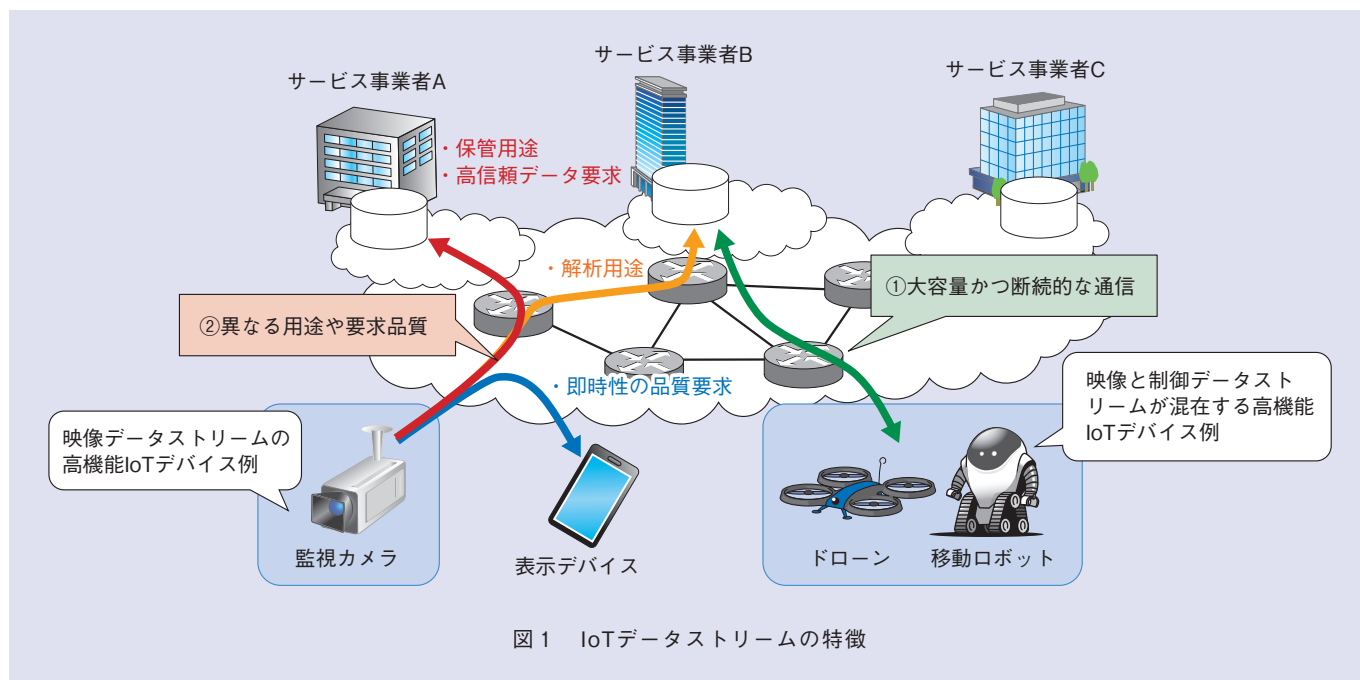


図1 IoTデータストリームの特徴

のあり方を明らかにする研究開発を行っています。そのため、革新的な要素技術の創出をめざした検討だけではなく、既存の通信プロトコルやデータフォーマットと市中技術とのインテグレーションも含めて、検討を進めています。

具体的なユースケースの検討

2016年より、サービス事業者であるセコム株式会社と将来のIoTサービスに向けた技術検討を行うため、共同研究および共同実験を行ってきました。将来、高解像度化が進む監視カメラの映像を用いたサービスにより、新たなIoTサービスによる社会的価値の創出が期待されます。一方で、それらをサポートするネットワークの課題解決に向けた技術検討が必要です。

現在、監視カメラの映像の多くはカメラ内部の記録媒体に書き込まれ、分析や保存など必要に応じて取り出されます。また、ネットワークを経由して映像を取得する場合は、目的ごとに監視カメラから複数の映像を配信する必

要があるため、エンドユーザのLAN (Local Area Network) や通信キャリアのネットワークなどを輻輳させる可能性があります。本取り組みでは、この監視カメラの映像について、1つの映像データストリームをネットワークで複製し、分析・監視・保存などさまざまな用途に活用できるように、映像配信をアシストする機能を通信キャリアのエッジサーバなどに具備するアーキテクチャを検討しています。さまざまな用途に合わせて映像を配信するために、次の3つの機能要件を満たす必要があります。

■通信プロトコルの変更

通信プロトコルを変更する理由は、2つあります。1番目は、映像を届けたい複数の宛先の間で要求品質が異なる場合に対応するためです。記録を目的とした宛先に対しては、リアルタイム性は求められないため、データの到達性が高いプロトコルを用いて送ります。一方で、人が視聴することを目的とした宛先に対しては、リアルタイム性を重視したプロトコルを用いて送

ります。

2番目は、映像を届ける宛先と送信元で利用可能なプロトコルが異なる場合に対応するためです。受け取ることができるプロトコルは、デバイスで動作するメディアプレイヤなどのソフトウェアが対応するプロトコルが少ない場合や、サービスを構築する際に利便性が高いHTTP (Hyper Text Transfer Protocol) などの広く普及したプロトコルを利用したいという要望により限定される場合があります。送信元である監視カメラの交換頻度は低いため、次々と新しいプロトコルに対応することが困難です。また、組み込むプロトコルとハードウェアとの親和性に依存してプロトコルが限定されます。

■通信タイミングの変更

通信タイミングを変更する理由は2つあります。1番目は、データを届ける宛先までの通信路の状態に合わせてデータを送る必要があるためです。データを届ける宛先までの通信路が輻輳状態のときは、リアルタイム性が求められないデータを一時的に送ら

ないことで、データの欠落による再送要求や通信路の輻輳を回避できます。

2番目は、時間をさかのぼって直近の映像を高フレームレートで利用するためです。記録を目的として保存される映像データは、ストレージ容量を抑えるためフレームレートを落として保存されることが想定されますが、事故・事件などで直近の映像データを手早く確認するためには高フレームレートな映像データであることが望ましいです。そのため、通信キャリアが映像データを高フレームレートのまま一時的に保存し、必要に応じて直近の映像データを宛先まで届けることで、エンドユーザのストレージの使用量を増やさずことなく高フレームレートの映像配信が可能となります。

■通信量の変更

通信量の変更は、宛先までの通信路の帯域や宛先での映像処理能力によって必要となります。通信路上に無線区間が含まれる場合、通信帯域が狭くなることが多く、帯域以上の通信量を流そうとすると輻輳を発生させます。また、近年進展がめざましいAI（人工知能）により映像解析を行うことを想定した場合、解析時間によって単位時間当りに解析できる映像フレームの数が異なります。例えば、1つの映像フレームを処理するのに100ミリ秒以上かかる場合、秒間10フレーム以上の映像は解析できないため、それ以上の映像フレームは不要です。さらに、人が監視用途で映像を視聴する場合も、秒間30フレームを超える映像の配信は不要です。

これら3つの機能要件を、ネットワーク側が映像データをトランスコーディングしないで、実現することが求められます。

映像の通信プロトコル・通信タイミ

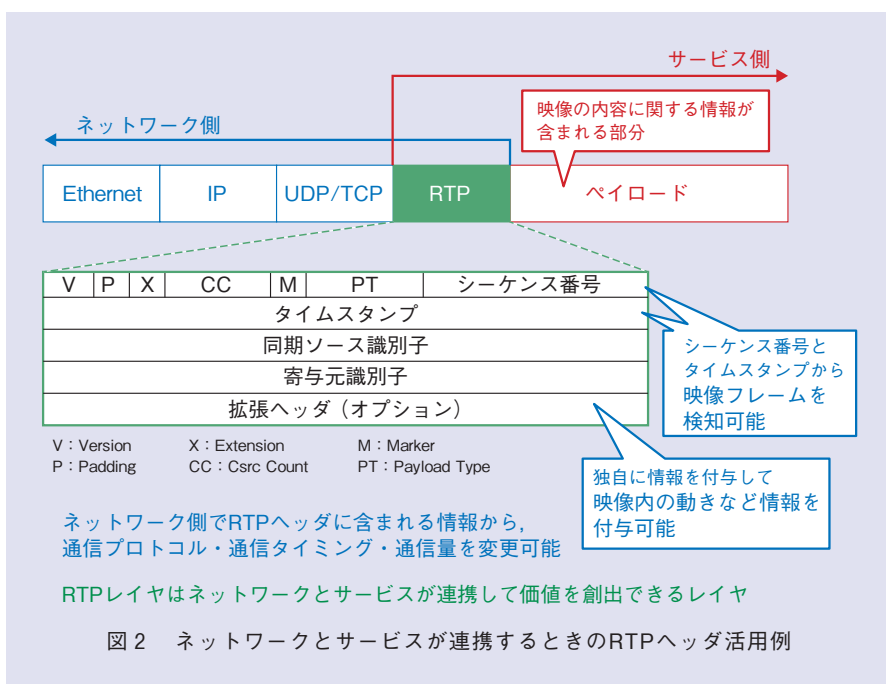
ング・通信量の変更が可能な多くの市中の装置またはソフトウェアは、数多くの監視カメラや視聴デバイスと接続ができる高い収容性と、映像内の物体を認識する機能を有しています。ただし、専用のハードウェアまたは多くの計算リソースを必要とするため設備コストがかかります。また、トランスコーディングされ画質や撮像した内容に変更を加える場合があります。さらに、分散・分割して動作させることを想定して構成されていないため、一極集中の機能配備になります。そして、不要な機能を動作させるための計算リソースが必要になること、監視カメラなどのIoT機器が増加したときのスケラビリティが課題となります。

このような既存技術に対して、本技術ではデータストリームを解釈できる情報に復号することなく、通信プロトコル・通信タイミング・通信量の変更を行い、1つの映像データストリームを異なる目的の複数の宛先に適切に運ぶことを、細かく分散化されたネットワーク機能により実現します。

映像データストリームアシスト技術

前述の要件を満たすために構成された機能と、機能群を連携させるシステムについて説明します。

映像をトランスコーディングせずに3つの機能要件を満たすために、機能を実装するレイヤをRTP（Real Time Protocol）と定め、検討を行いました。多くの監視カメラがリアルタイムにストリームを運ぶことに長けたRTPとそのストリームを制御するRTSP（Real Time Streaming Protocol）を利用できます。ネットワークとサービスが連携するときのRTPヘッダ活用例を図2に示します。RTPヘッダには、タイムスタンプ、シーケンス番号、メディアのコーデックにかかわる情報などが含まれていますが、映像の内容に関する情報は含まれていません。しかし、RTPヘッダの情報を用いて、映像フレームの検知や生成時刻の取得が可能です。また、拡張ヘッダを用いることで、独自に情報を付与できます。映像内の動きの検出情報をフラグとし



て加えて、そのフラグを基に映像の配信を判断することで、通信量を抑えることができます。

RTPは下のレイヤにUDP (User Datagram Protocol) を想定した設計となっていますが、RTSPインタリーブを用いてTCP (Transmission Control Protocol) も利用できます。したがって、RTPの特徴により、符号化された映像を復号することなく、通信プロトコル・通信タイミング・通信量の変更が可能となります。そのため、ネットワークとサービスが連携し、ともに価値を創出できるレイヤであるといえます。

既存技術と本技術の違いを図3に示します。宛先に合わせて、通信プロトコル・通信タイミング・通信量を変更して映像を届ける状況を想定します。既存技術の場合、監視カメラから配信された映像が、1つの仲介エンティティで復号され、改めて符号化を行い、各視聴デバイスなどの宛先に映像を配信します。既存技術では仲介エンティティがトランスコーディングを

行うのに対して、本技術では仲介エンティティはトランスコーディングを行いません。監視カメラからの1つの映像のストリームを、宛先に合わせて通信プロトコル・通信タイミング・通信量を変更するために、RTPパケットを取り出し複製し下位レイヤのプロトコルの変更を行う「分流⁽¹⁾」、フレームレートに合うようにRTPパケットを間引く「フィルタ」、RTPパケットを維持した状態で一時「貯留」などの処理を行います。

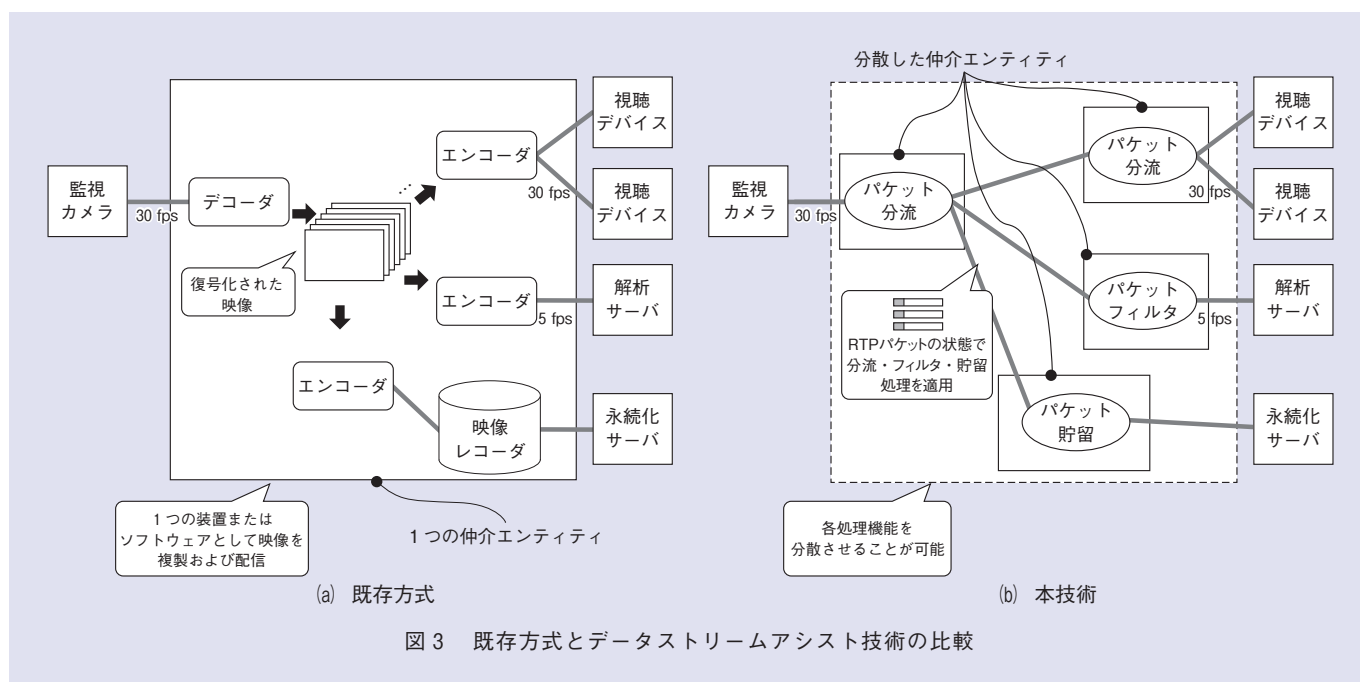
本技術の動作フロー例を図4に示します。これらの各機能モジュールは、RTPパケットごとに高速に処理を行うように設計しています。また、SRTP (Secure RTP) などを用いた場合でも、分流機能やフィルタ機能が暗号化鍵を持つ必要がありません。さらに、これらの個々の機能モジュールは、プラグブルに構築されており、複数のホストにまたいでパイプライン的な接続を可能とし、機能の追加や収容のスケールを容易にします。

さらに、RTPパケットのデータ

フォーマットのセマンティックを利用できれば、JPEG over RTPをRTSPからHTTPへ載せ替えることや、ROS (Robot Operating System) で用いられているプロトコルへ載せ替えること、指定されたブロックのみを画像から切り出すことも、パケットごとの処理により可能です。

実証実験

本技術は動的に配備されることを前提としているため、プロトタイプでは機能のプロセスが動作する環境としてDocker⁽²⁾を採用し、コンテナのオーケストレータとしてKubernetes⁽³⁾を採用しています。2017年12月に開始した実証実験^{(4),(5)}では、複数の通信ビルに配置されたマシン群に対して、Kubernetesを用いてクラスタリングおよびコンテナの動的配備を行いました。本実証実験の構成を図5に示します。複数台の4K監視カメラの映像ストリームの配信を行い、コンテナベースでの機能のデプロイの実現性を確認するとともに、通信ビル (エッジコン



ピューティング基盤) を活用した低遅延化・分散処理化の有効性を確認しています。

映像データストリームの登録時に、利用する物理マシンやエリアを宣言することで、各マシン上で待機状態のコンテナが展開され、映像のメディア情報の取得や転送を担う1つのストリーム管理機能が立ち上がります。その後、宛先となる視聴デバイスなどからのリクエストに応じて、該当するコンテナ内の機能のプロセスが起動し、ストリームを複製、また複製されたストリームが別機能に流れて、通信プロトコル・通信タイミング・通信量が変更されます。これらの機能の連携は、AMQP (Advanced Message Queuing Protocol)*1により実現されています。

映像ストリームの登録とコンテナの

*1 AMQP:メッセージ指向ミドルウェアのアプリケーション層プロトコルの1つ。

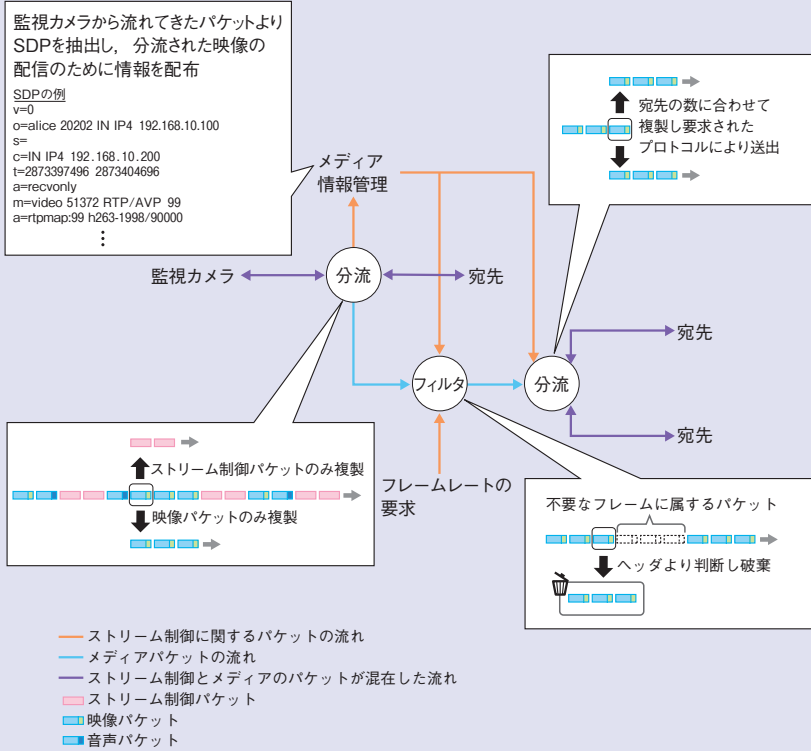


図4 データストリームアシスト技術の動作フロー例

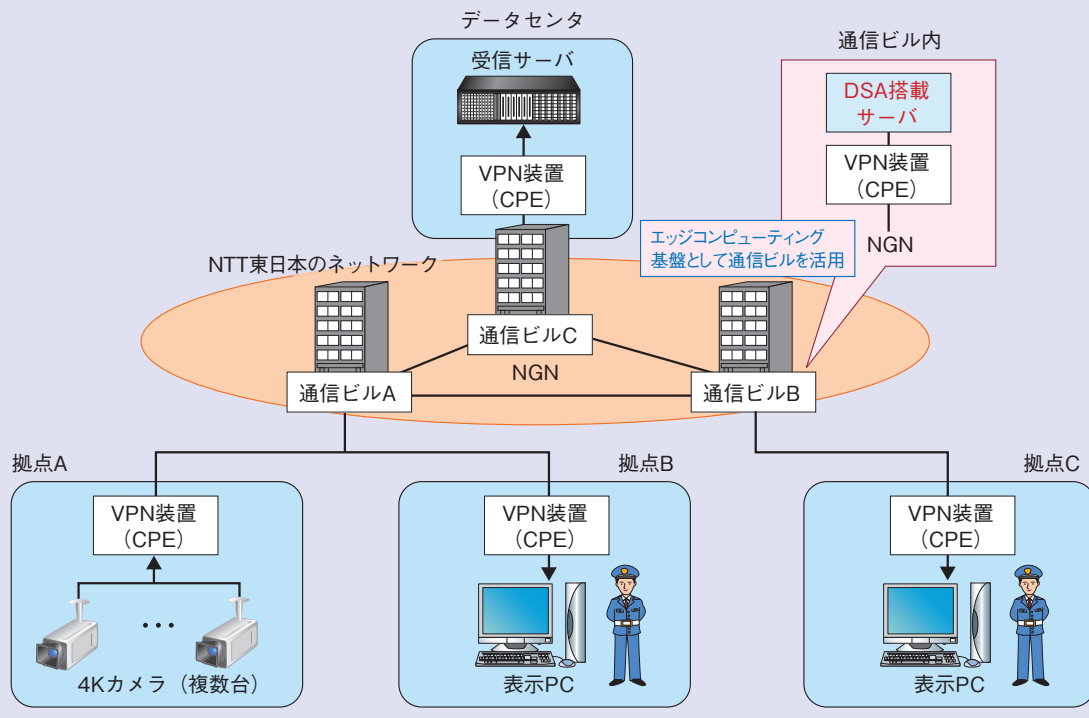
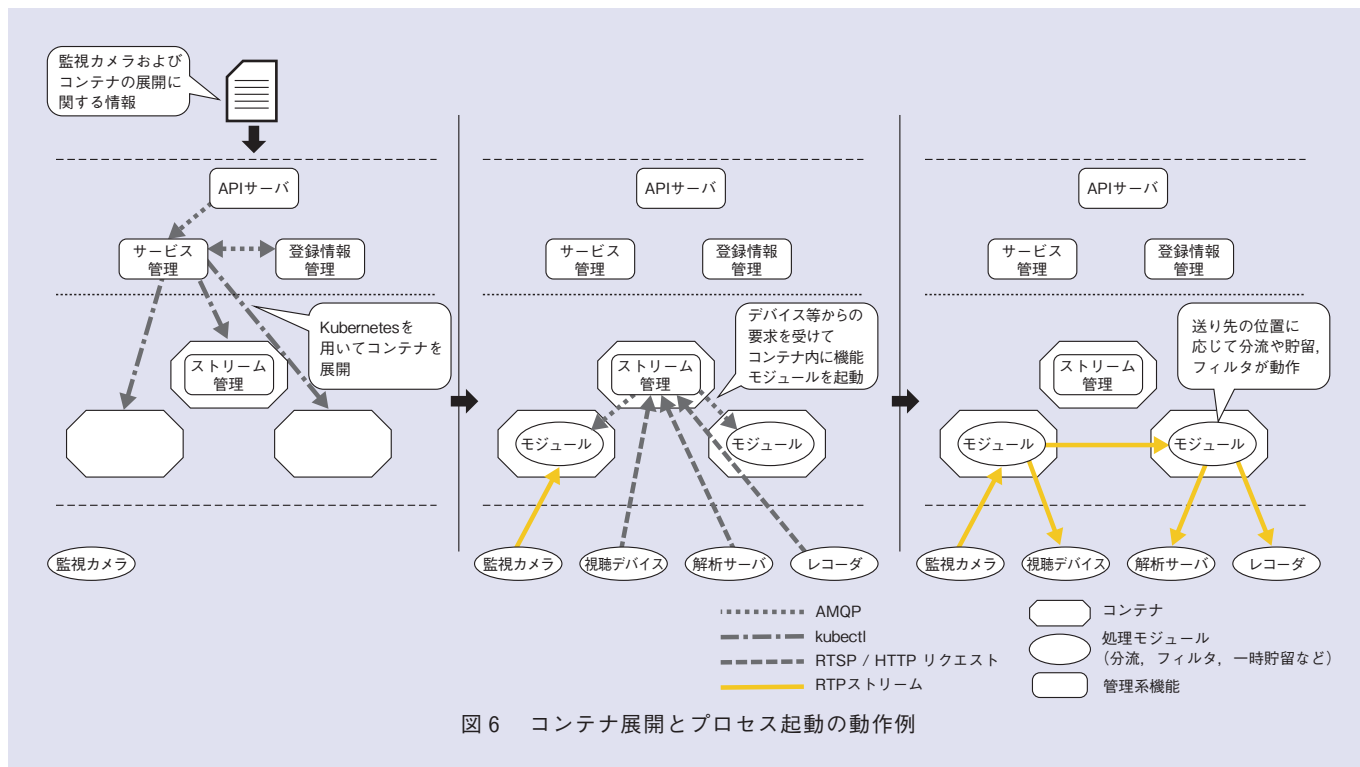


図5 実証実験の構成



展開，リクエストに応じたプロセス起動の一連の動作イメージを図6に示します。機能の配備については，ストリーム管理機能が判断します。

また，本技術を活用した新たなユースケースの検討とプロトタイプデモンストレーションをATII (APAC Telecom Innovation Initiative)^{*2}の取り組みの中で行い，既存のシステムとの統合によるスマートビルディングユースケースの実現性についても確認を行っています⁽⁶⁾。

今後の展開

IoTデータストリームは，映像だけではありません。アクチュエーションやセンシングに用いられるRAWデータのストリームは，ロボットやドローンの制御に用いられます。2018年2

*2 ATII：APAC地域における通信サービス向上と2020年以降の新たなネットワークサービスの創出をめざし，それを実現する仮想化基盤技術に関する研究開発イニシアチブ。

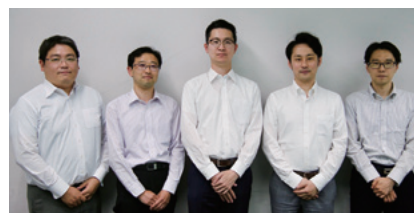
月に開催されたNTT R&Dフォーラムでは，仮想空間の物体に触れることができるハプティックデバイスのアクチュエーションやセンシングのRAWデータに対して，複数経路を活用した低遅延を維持する機能についてコンセプト展示を行いました。今後，高機能・高性能なデバイスが普及した際には，新たなIoTデータストリームを伴ったサービスの登場が期待されます。

本研究開発では，新しい技術の創出と既存技術やインフラに工夫を加えインテグレーションを行い，サービス事業者とともに，新たなIoTサービス実現をめざしていきます。

■参考文献

- (1) 肥後・石橋・末田・瀧田・濱石・海江田：“データストリームの多目的利用を支援する分流機能の提案,” 信学技報, Vol.117, No.33, pp.5-10, 2017.
- (2) <https://www.docker.com/>
- (3) <https://kubernetes.io/>
- (4) <http://www.ntt.co.jp/news2017/1712/171219a.html>
- (5) Focus on the News：“セコム×NTT コラボレーション成果 通信データを用途・目的に応じて変換・伝送するネットワークアシスト

- 技術の実証実験を開始,” NTT技術ジャーナル, Vol.30, No.5, pp.55-57, 2018.
- (6) 桑原・入野・鈴木：“ネットワーク系R&Dの変革を進めるグローバル・コラボレーションの取り組み,” NTT技術ジャーナル, Vol.30, No.3, pp.35-39, 2018.



(左から) 桑原 健/ 椿 俊光/
鏑木 拓磨/ 肥後 直樹/
越地 弘順

IoTサービス事業者の利便性向上と高機能IoTデバイスを活用したサービスの実現をめざし，データストリームアシスト技術をはじめとする新たなネットワークアシスト技術の研究開発に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTネットワーク基盤技術研究所
ネットワークアーキテクチャプロジェクト
TEL 0422-59-3810
FAX 0422-59-6364
E-mail toshimitsu.tsubaki.zs@hco.ntt.co.jp