

平成25年度研究開発成果概要書

課題名 : 新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発
採択番号 : 149 ウ 08
個別課題名 : 新世代ネットワークアプリケーションの研究開発
副題 : 超分散分割保存された大容量コンテンツの即時配信システムの研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究課題の目的は、コンテンツの視点から必要とされる新世代のデジタルコンテンツの流通・伝送プラットフォームを構築し、その有用性を確認することにある。すなわち、ネットワークから来る種々の制約に基づいてプロトコル開発やプラットフォームを構築するのではなく、まずアプリケーションが求める機能を具現化し、その上でこの機能をどのようにネットワーク上で実現するかについて検討を行い、実現化を図るものである。

本研究課題では、コンテンツ市場におけるサプライチェーンのグローバル化やコンテンツ提供時間の即時化といった要求に対し、既存のインターネットで用いられている伝送／蓄積技術よりも効率よく対応可能なシステムを実現すべく、超分散分割保存した大容量コンテンツの即時配信システムを構築する。具体的には、デジタルデータに冗長符号を施した上でネットワークの PACKET サイズで細切れにし(以下、細切れデータをチャンクと呼ぶ)、これらを世界中のストレージに分散保存しておく。言うなれば、ネットワークを巨大な「バス」と見立ててネットワークに接続された無数のストレージを用いて「RAID」を構成するプラットフォームを構成する。このプラットフォームを用いることで、ネットワークにつながる端末からは世界中のどこからでも、キャッシュやレプリカを用いなくとも、ほぼ同一時間でコンテンツを取得することを可能とし、また、ネットワーク内での PACKET ロスや局所的なストレージ故障等によるチャンクの損失には冗長符号により回復可能にすることをめざしている。

本プラットフォームの実現により、コンテンツアクセスの際に利用者が待たされる時間は、だれがコンテンツを作成したかやどの事業者のサービスを用いて配信しようとしているかによらず、利用者のアクセスリンク帯域に反比例した時間となる(利用者のアクセスリンクがボトルネックだと仮定)。さらには、各ストレージは高々数パケットのチャンクデータを読み出し各利用者へ送出するだけなので、アクセス集中によってサーバが動作しなくなりコンテンツを提供できなくなることもなくなる。一方、キャッシュやレプリカを用いなくとも高速なコンテンツ閲覧が可能になるため、配信システム内での、コンテンツ制作側が危惧する意図せぬコンテンツの流出を防ぐことができる。

一方で、本プラットフォームの実現にあたり必要となるネットワークは現在のネットワークと前提や要求条件が異なる。具体的には、パケットがフローを構成して流れるのではなく、単発のパケットが世界のあちこちから一カ所に伝送される点、指定した時刻までに利用者へデータを届ける点、にある。このような many-to-one の通信形態は既存の point-to-point の通信を前提に構成された TCP によるフロー制御やフローを前提にしたトラフィック制御とは本質的に異なる。すなわち、上記プラットフォームを実現するには、トラフィックの分散化や流れるパケットの時間管理を可能とするネットワークが必要である。

本研究課題ではネットワーク仮想化基盤により、これを実現する。具体的には、物理ネットワークの空間分割や、トラフィック種別、パケットロス率、利用者、時間、ルーティングプロトコルといった属性に基づいてネットワーク仮想化基盤上に複数

の仮想ネットワーク（スライス）を生成し、スライス単位でトラフィック流量を把握することで、その重ね合わせとして物理ネットワークのトラフィックを制御する方式を検討する。さらに、ネットワーク品質に応じたデータの冗長化方式、データの利用者への到達時間を指標としてネットワークの品質評価技術を確立し、大容量映像コンテンツを配信しその有用性を明らかにする。

本研究課題で実施するコンテンツ配信システムの研究開発は大容量映像コンテンツを例に研究を進めるものであるが、必要な時に必要な帯域を得たいという要求は映像コンテンツの配信にのみに求められるものではなく、大規模なデータの移動、蓄積制御に適用可能であり、応用範囲の広い技術である。すなわち、本研究課題はネットワーク仮想化が標榜する柔軟なネットワーキングを活用するアプリケーションを映像コンテンツの切り口から開発するものであるが、ネットワーク仮想化の提供する機能を有効に活用し一般的に利用可能なまったく新しい安全な大規模データ配信手法を実現するものであるため、本成果は広く利用される可能性のある意義深いものである。

(2) 研究開発期間

平成 23 年度から平成 26 年度（4 年間）

(3) 委託先

日本電信電話株式会社（幹事者）、
学校法人慶應義塾

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 137 百万円（平成 25 年度 38 百万円）
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

- ウ-2-1. 複数スライスの組み合わせによるトラフィック制御技術
(日本電信電話株式会社)
- ウ-2-2. 複数スライスネットワーク環境における通信品質評価技術
(学校法人慶應義塾)
- ウ-2-3. 超分散分割保存コンテンツのための高効率冗長符号化伝送技術
(日本電信電話株式会社)
- ウ-2-4. 大容量コンテンツ配信システム構成技術
(日本電信電話株式会社)

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	5 (一部出願手続中)	3 (出願手続中)
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	28	12
	プレスリリース	0	0
	展示会	10	2
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な成果実施内容と成果

ウ-2-1. 複数スライスの組み合わせによるトラフィック制御技術

(目標 1: 本提案方式の既存技術との比較および有効性の定量評価)

- ・昨年度に個別に実現したスライス切替え技術とスライス間連携技術を統合する形のスライス制御アルゴリズムを策定した。
- ・既存のトラフィックエンジニアリング技術として、MPLS と OpenFlow を取り上げ、本研究のスライス制御技術との定性的な比較評価を実施。本提案技術は、スライス間連携による伝送途中での柔軟な経路変更が行える点が LSP ベースの MPLS より優れており、また、トラフィックの移行先のスライス内のルーティングポリシーがそのまま利用できる点が OpenFlow のフロー設定よりも処理量の点で優れているとの知見を得た。定量評価に関しては、現在、仮想化基盤を用いた評価に向けた準備を進めている。

(目標 2: スライス制御方式の実装設計と他課題への機能要望の提示)

- ・課題アの研究者の協力の下、仮想化基盤の Domain Controller と VNode 間の API に関する情報を得、これを元に次年度に実現を目指すスライス間連携の自動設定機能、および、スライス自動生成機能を含めた実装検討を行い、指針を得た。
- ・課題アへの主な要望として、ノードスリバーの VM の高速ダウンロードの実現検討を依頼。
- ・スライス間連携の最終実装の前段として、課題アの協力により仮想化基盤の Domain Controller にスライス間連携ポイントの設定操作機能を追加。次年度は自動化を目指す。

(目標 3: ネットワーク仮想化基盤を使用した実証実験)

- ・今年度策定した上述のスライス制御アルゴリズムの仮想化基盤への試験実装と評価、および、ファイル転送トラフィックとの混在時の有効性評価を実施する準備を進めている。

ウ-2-2. 複数スライスネットワーク環境における通信品質評価技術

(目標 1: 通信品質の集約型フィードバック技術の確立)

受信ネットワークにおいて通信品質を集約し送信サーバ群に通知するためのフィードバック方式を策定し実装を行った。具体的にはファイルの一つ受信した際のパケットの到着状況をフィードバックするためのフォーマットを策定し、これに基づいて実装を行い動作を確認した。

(目標 2: パケット順序感度毎の通信品質モニタリング技術の確立)

通信品質モニタリングとして、パケットの到着状況の可視化、ルータ内でのキューイング状況の可視化、および輻輳回避によって発生する迂回の状況のモニタリング技術を確立した。到着状況の可視化では、パケットを送出したサーバを識別しながらパケットの到着タイミングをモニタリングできる技術を確立した。ルータ内でのキューイング状況の可視化では、キューイングパケット長とパケット廃棄数のモニタリング技術を確立した。

(目標 3: 統合的通信品質可視化技術の確立)

パケット単位での経路振り分け機能を PC にソフトウェアルータとして実装し、5 台のルータで構成する検証環境を構築し動作検証を行い通信品質の計測を行った。

ウ-2-3. 超分散分割保存コンテンツのための高効率冗長符号化伝送技術

(目標 1: 超高帯域ストリームに対応する冗長符号処理技術)

仮想ネットワーク上において、ネットワーク状況に応じてパケット棄却をダイナミックに伝送符号レートを制御をするために、vNode 間のパケットロス状況の共有方法および、その

パケットロス状況に基づいてパリティパケットを棄却した際に、パケットバーストを抑制するためのパケット送信順序の決定方式を考案し、エミュレーションによる検証を行い効果の知見を得た。

(目標 2: チャンクの優先重みづけを考慮した高効率映像配信技術の確立)
vNode 上でのパリティパケットの棄却によって誤り訂正符号の冗長率を適応化させるために、符号構造と符号特性に注目したパリティパケットの優先度を与え、それに応じて動作するシステムの実装検討を行い、指針を得た。

ウ-2-4. 大容量コンテンツ配信システム構成技術

(目標 1: ネットワーク仮想化基盤を使った実験ネットワークアーキテクチャの総合検討と性能評価)

特注購入した JPEG2000 コーデックを用いて、64 台のチャンク送信サーバに分散保存されたチャンクサーバから分散配信したストリームを受信・チャンク復号し、ユーザーリクエストから 5 秒以内に JPEG2000 圧縮された 4K60P (250Mbps) の映像を再生できることを確認した。同様に、64 台のチャンク送信サーバに分散保存された非圧縮映像コンテンツを分散保存・配信システムを用いて複数本(4ストリーム)受信し、再生できることを確認した。