

平成 26 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8
個別課題名 : 課題ウ 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 PACKET 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、PACKET がフローを構成して流れるのではなく、単発の PACKET 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にデータを届ける点、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 PACKET 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、PACKET 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) 実施機関

日本電信電話株式会社<代表研究者>、
学校法人慶應義塾 (実施責任者 専任講師 金子晋丈)

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 137 百万円 (平成 26 年度 36 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) これまで得られた成果 (特許出願や論文発表等)

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	3	2
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	48	13
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	15	5
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

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

(1) スライス切替え技術とスライス間連携技術を統合した輻輳回避のためのスライス制御アルゴリズムについて、昨年度に策定した内容を再精査した。

(2) ネットワーク仮想化基盤の SNC (Service Network Controller) と連携しながら上記アルゴリズムに基づいて輻輳回避を行う制御ソフトウェアを実装した。本成果は、SNC の API の開示等、課題アの研究者との連携により実現。

(3) スライス間データ転送機能とスライス内可用帯域通知機能を有するソフトウェアルータを click modular router ツールを用いて実現。通常の IP 網上で 4K 圧縮映像 (900Mbps) の伝送が行えることを確認。本成果は、課題イの研究者との連携により実現。

(4) 上記(2)と(3)を組み合わせ、ネットワーク仮想化基盤上で 4K 圧縮映像 (173Mbps) 伝送時の輻輳回避制御が行えることを確認。

(5) 研究コンセプトや成果内容について、学会やシンポジウムでの発表を実施 (信学会 NS 研究会/5月/山梨、第6回新世代ネットワークシンポジウム/7月/東京、信学会第13回 NV 研究会/3月/東京)

(6) 研究コンセプトや成果内容について、展示会等でのデモ展示を実施 (GENI Engineering Conf. 20/6月/デビス (米国)、第6回新世代ネットワークシンポジウム/7月/東京、NICT オープンハウス 2014/11月/東京、信学会第13回 NV 研究会/3月/東京)

ウ-2-2. 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

(1) ネットワーク仮想化基盤を模した環境を米国 Internet2 を模したトポロジで構成し評価環境を構築した。

(2) 上記評価環境のルータに輻輳時複数経路同時利用機能 (OIF ルータ) を組みこみ、現実的なネットワークにおける性能を評価し、OIF ルータによる宛先へのパケット到着率向上を確認した。この内容を文献にまとめ、学会発表を行った (研究会/3月/沖縄)

(3) ネットワーク内で輻輳が発生するときに、送信サーバが意図的にパケット棄却をおこなない送信パケット数を絞る機能を組みこんだ。この結果、送信サーバがパケット棄却を行わずネットワーク内ルータがパケットを棄却した場合と受信端に到達するパケット数が変わらなくても、ファイルの復号確率が高まることを確認した。

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

(1) 去年度特許化を行った優先度付き誤り訂正符号方式に対応した送信サーバおよび受信クライアントのソフトウェア実装を行った。送信サーバでは、分散的に保存されたソースチャンクデータおよびパリティチャンクデータに対してそのパケットヘッダに優先度を付加し送出する。受信クライアントでは、優先度に関わらず受信したチャンクデータからオリジナルのコンテンツファイルを復号する。これらのプログラムを用いて、分散保存・配信の基礎実装の動作を確認した。

(2) 上記に関して、本年度導入したチャンク送信サーバ(レンタル)およびチャンクサーバ同士を接続するスイッチ(購入)を用いてシステム実装し、配信動作の確認を行った。

(3) 慶応大学が研究する OIF ルータを用いて、本ルータ上にチャンクパケットの優先度を識別可能なキューイング制御(QoS)機能を実装し、誤り訂正符号の復号成功確率の点から有意な優先制御方式の比較検討を行った。この結果、Expedited Forwarding 方式を用いることで輻輳下においても90%の確率で受信成功可能な配信方式を実現した。

(4) 利用可能帯域が時間変動するネットワーク環境における広帯域映像ストリームの安定配信を実現するために、分散保存されたパリティチャンクデータを利用することで、利用可能帯域にばらつきがあるマルチパス経路をまとめて広帯域なパスを論理的に構成する方式を提案・評価した。これにより、7%程度の追加帯域を許容することで、映像フロー帯域の20%を帯域余剰パスに仮想的に割り当てることが可能であることがわかった。

(5) 上記を文献にまとめ、学会発表を行った(ネットワーク研究会/9月/北海道、IDCS2014/9月/イタリア)。

ウ-2-4. 大容量コンテンツ配信システム構成技術

(1) 大容量コンテンツ配信システムの性能評価のため、分散保存・配信サーバ上に課題ウ-2-2 で検討した優先度付き誤り訂正符号に対応したチャンクデータの配信プログラムを動作させ、このサーバおよびクライアントを課題ウ-2-3 で検討した優先制御機能を有するOIF ルータを介して接続し、実際にコンテンツデータを配信するシステムの動作確認を実施した。

(2) 上記に関して、ネットワーク容量が 20Gbps のマルチパスネットワークに対して、22Gbps の輻輳を発生させ、この状況下で 16Gbps のフローをクライアントで受信可能であることを確認した。

(3) 上記に関して、クライアント要求時点から 5 秒以内にコンテンツが受信可能であることを確認した。