

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01
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 : ネットワーク誘導を利用した新世代コンテンツ配信アプリケーション

(1) 研究開発の目的

現在広く普及するインターネットは、当初ポイントツーポイント型の通信をサポートするものとして開発された歴史をもつが、現在ではコンテンツ配信サービスを実現する基盤プラットフォームとしての役割が大きくなっている。そのコンテンツ配信サービスは、CDNやP2Pなどその流通形態を変化させながら発展してきた。CDNにおいては、サーバを分散配置しアクセスを地理的に分散させることで、負荷分散を実現し効率的コンテンツ配信サービスを展開してきた。サーバへの負荷集中をさらに回避する方法として、参加ホストがサーバとしてコンテンツ流通に能動的に関与するP2Pが普及し、さらに効率的なコンテンツ流通サービスが可能となっている。このようにコンテンツ配信サービスは、どこからコンテンツを得るかという点をユーザに隠蔽する形でその姿を変え発展してきたものの、コンテンツ流通を支えるネットワークについては、IPアドレスでコンテンツ取得先を指定するというロケーションオリエンテッドな基本設計は全く変化していない。ユーザは本来コンテンツそのものを要求しており、そのコンテンツがどこに存在しているのかというロケーション情報には興味がない。このような観点で、平成22年度においてNICTからの受託研究「新世代ネットワーク技術戦略の実現に向けた萌芽的研究（コンテンツIDとロケーションIDの連携によるコンテンツ流通プラットフォームの研究開発）」を実施した。本研究は、この萌芽的研究をベースに、新世代ネットワークアプリケーションに必要な機能を開発するという目的で、さらに大きく発展させるものである。萌芽的研究はコンテンツIDとロケーションIDの連携をネットワーク誘導を用いて実現するというネットワークングの観点での基盤的研究と位置づけられ、本研究は、これをベースとして新世代コンテンツ配信アプリケーションを実現するために必要な、コンテンツ発見フェーズ、コンテンツ転送フェーズにおける技術課題を解決するという点で、アプリケーション開発に向けてさらに大きく発展させた課題として位置づけられる。

ユーザがコンテンツを取得するには、まずコンテンツがどこにあるのかを発見するコンテンツ発見フェーズを経たうえで、さらにコンテンツをその存在箇所からユーザまで転送するコンテンツ転送フェーズを経る必要がある。本研究では、これらコンテンツ発見フェーズとコンテンツ転送フェーズの双方に対し、ユーザにとってはコンテンツがどこから得られるのかには関心がなく、どのように効率的にコンテンツを取得できるのかという観点が重要であるという考えに基づき、負荷分散やトラフィック分散の観点で効率的なコンテンツ発見と、ロバスト性と効率を実現するコンテンツ転送を実現する。これにより、新世代コンテンツ配信アプリケーションが具備すべきSpace decoupling（コンテンツ提供者とコンテンツ要求者間のロケーションオリエンテッドな強い関係を緩和し、誰からコンテンツを得るのか、どこからコンテンツを得るのかという点には制約を設けない機能）に対し、ネットワーク資源の効率的運用という観点を取り入れた形での実現を目指す。コンテンツ発見フェーズについては、まず課題ウ-1-1においてネットワーク誘導において前提となるコンテンツIDとロケーションIDのマッピングを対象に、負荷分散機能を導入した効率的ロケーションID選択技術を扱う。さらにコンテンツ発見フェーズでは、マ

ッピングにより得られたロケーション ID をもとにサーバもしくはキャッシュへと送信されるコンテンツ要求に対し、課題ウ-1-2においてネットワーク誘導を複数もたせてこれを自律分散的に制御することで、ネットワーク誘導による効率的コンテンツ発見の実現を目指す。次にコンテンツ転送フェーズでは、課題ウ-1-2において複数ネットワーク誘導による複数箇所からのコンテンツ転送を実現し、ユーザに対するより高いレベルでの Space decoupling の提供を目指す。また、課題ウ-1-3では、コンテンツを含むネットワークリソースの動的発見にネットワーク誘導技術を用い、ネットワークリソースの発見・取得・利用のためのプラットフォームを確立する。これらの課題すべてを包含する形で、課題ウ-1-4において本研究で開発する技術を統合したコンテンツ配信アプリケーションアーキテクチャを確立し、プロトタイプ上に実装する。このプロトタイプの有効性、実現性は、最終的に JGN-X 上で検証する。本研究で得られる成果により、ユーザがどこに所望コンテンツがあるのかという点を全く意識することなく、ネットワーク側がコンテンツ発見ならびにコンテンツ転送の双方について効率的コンテンツ流通を実現することが可能となる。ユーザにとってはより速いコンテンツ取得を、ネットワークにとってはより効率的な資源利用を可能とする、ネットワークが主体的にコンテンツ流通に関与する全く新しいコンテンツ流通プラットフォームが実現でき、コンテンツ流通を軸とした新しいコンテンツ配信アプリケーションの基盤技術を提供できる。

本研究は、コンテンツ要求に対しネットワーク内のルータが自身の管理する情報に基づき自律的にコンテンツ存在方向へ誘導するネットワーク誘導技術として Breadcrumbs と呼ばれる画期的方式を提案している米国 University of Massachusetts の Prof. James F. Kurose と、日本側研究者との連携による共同研究である。米国側研究者のネットワーク誘導技術を基本技術とし、日本側研究者がその拡張技術としてのコンテンツ配信アプリケーションに必要な技術開発を行う。国内外に本成果を広く発表し、両者の連携による成果を広くアピールする予定である。また、コンテンツオリエンテッドネットワーク全般に関する連携を深め、さらに長期的な視野で共同研究を発展させることも視野に進めていきたい。

(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

関西大学（実施責任者 教授 山本幹）＜代表研究者＞
 大阪府立大学（実施責任者 教授 戸出英樹）
 神戸大学（実施責任者 教授 太田能）
 日本電気株式会社

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 142百万円（平成26年度 34百万円）
 ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題 ウ-1：ネットワーク誘導を利用した新世代コンテンツ配信アプリケーションの研究開発：

課題ウ-1-1… 負荷分散コンテンツ・ロケーションマッピング制御技術（神戸大

学)

課題ウ-1-2… 分散コンテンツ配信制御技術（関西大学）

課題ウ-1-3… コンテンツを含むリソースの動的発見・利用技術（大阪府立大学）

課題ウ-1-4… コンテンツ配信プラットフォーム構築技術（日本電気）

(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	4	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	3	1
	その他研究発表	56	16
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	5	3
	標準化提案	1	0

(7) 具体的な実施内容と成果

課題ウ-1-1では、マッピングサーバにキャッシュロケーション解決をおこなうMSCR（Mapping Server with Cache-location Resolution）方式においてコンテンツ人気度においてキャッシュ生成抑制率を行うMSCR/CS（Mapping Server with Cache-location Resolution and Cache Suppression）の性能評価を行い、MSCR/CSによりサーバから直接コンテンツを取得する場合に比べてサーバ負荷を約60%、Tier-1トラフィック量を約15%削減できることを確認した。またコンテンツ人気度が時間とともに変化する環境において、コンテンツ人気度推定にもとづいてキャッシュロケーション保存数を可変とする機能（VPCL: Variable PCL）により、クエリホップ数を削減できることを確認した。また、課題ウ-1-4とも連携してJGN-Xおよび仮想化基盤上での実証実験を進めた。

課題ウ-1-2では、分散コンテンツ制御技術としてMultiple Breadcrumbsを新しく開発した。複数方向の誘導情報を用い複数コンテンツを発見できる特徴から、ネットワーク内のリンク故障時にコンテンツ発見をロバストに行える方式であることを、計算機シミュレータによる評価で明らかにしている。また、発見した複数コンテンツの中からダウンロードスループットを最大化するものを選択することで、コンテンツ転送性能が大きく改善できることを示した。さらに、Breadcrumbsの実用化に関する検討を行い、部分普及時の性能改善手法としてオーバーレイ手法ならびに戦略的普及方策の適用など、様々な観点での部分普及時の性能改善手法を開発した。課題ウ-1-4と連携したJGN-X上での実証実験により、この戦略的普及方策の有効性を示した。これらSpace Decouplingを実現する技術としてのBreadcrumbsに関する研究以外に、Time Decouplingを実現する新しいトラフィックエンジニアリング手法としての

Storage Aware Routing を開発した。

課題ウ-1-3 では、高度化された ABC 方式、BC-Scoping フレームワーク（人気度、ドメイン、複合）の拡張と RBC に関する発展的な方式に対する仕様の詳細設計を行った。また、仕様を検討した一般化された拡張方式の性能評価のために計算機シミュレータの発展的改良を行い、一般化された ABC 及び BC-Scoping 方式、および RBC 方式の適応制御能力や性能改善効果を明らかにした。さらに、高度化 ABC の拡張機能の 1 つである User-side Flooding を CDPF をベースとして拡張実装し、ワークステーション内の仮想端末によりルータ数 18（3x6 グリッド）、ユーザ数 36、コンテンツサーバ 1 の環境を構築した上でエミュレーション実験を行い、その有効性を検証した。さらに、ABC、BC-Scoping の性能に関して、課題ウ-1-4 とも連携して JGN-X および仮想化基盤上での実証実験を進めた。

課題ウ-1-4 では、開発したコンテンツ配信プラットフォームを用いて、JGN-X のネットワーク仮想化テストベッド上にて、複数の拡張方式の組み合わせによる性能評価、ネットワーク規模による性能評価、複数の部分的普及シナリオによる性能評価を実施した。実証実験により、ネットワーク誘導およびその拡張方式がキャッシュヒット率の向上およびコンテンツ取得時間の短縮に有効性であることを確認した。また、災害時などを想定した無線メッシュネットワーク上でのコンテンツ共有を行うデモを国際会議 CCNC2015 にて発表した。さらに、課題ア、イと連携し、CDPF を用いた課題連携実験を実施した。さらに、課題イで再利用可能なモジュールとして、CDPF を Click 化して提供した。