

平成23年度研究開発成果概要書

「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」

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、負荷分散やトラヒ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 24 年度 (2 年間)

(3) 委託先企業

関西大学<幹事>、大阪府立大学、神戸大学、日本電気株式会社

(4) 研究開発予算 (百万円)

平成 23 年度 39 (契約金額)

平成 24 年度 32.5 (")

(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) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	1	1
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	1(*)	1(*)
	その他研究発表	10(**)	10(**)
	プレスリリース	0	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

* 投稿中

** 発表前 (採録決定) 1 件を含む

- ・ 査読付き論文誌 投稿中 1 件
- ・ 査読付き国際会議投稿 3 件 (発表済み 2 件、発表前 (採録決定) 1 件)
- ・ 情報処理学会 研究会招待講演 1 件
- ・ 電子情報通信学会 研究会発表 4 件
- ・ 情報処理学会 関西支部大会 1 件
- ・ 電子情報通信学会 ソサイエティ大会・総合大会発表 1 件

具体的な成果

(1) コンテンツ発見フェーズ

コンテンツ発見に際しては、課題ウ-1-1 において、コンテンツ ID とサーバロケーション ID の解決履歴から、コンテンツが保存されている可能性が高いキャッシュロケーション ID も併せて解決する、MSCR (Mapping Server with Cache location Resolution) の有効性を検証するためシミュレーション実験を実施した。シミュレーション実験から、キャッシュロケーション解決によりサーバ負荷、バックボートラヒックを削減できることを確認した。この内容については、以下の論文などで発表を行っている。

川端弘樹, 橋本憲祐, 高木由美, 太田能, 玉置久, “インターネット誘導のためのコンテンツ/ロケーションマッピングに関する一検討,” 電子情報通信学会技術研究報告, ネットワークシステム研究会, NS2011-214, 2012 年 3 月.

課題ウ-1-2 においては本受託研究の基盤技術である Breadcrumbs 方式に対して、実用性の観点で検討を進めた。Breadcrumbs 方式は、ルータにおいてコンテンツ要求をロケーション ID による転送から、コンテンツ ID による転送へと切り替える必要がある。このため、Breadcrumbs

対応ルータをネットワークに配備しなければならない。ただし、Breadcrumbs 方式においては、コンテンツ要求は当初ロケーション ID に基づいて転送されることから、ロケーション ID による転送を基本とする従来のルータが一部残っている段階でも適用可能である。このような Breadcrumbs 対応ルータが部分的に普及した状況での評価を、より詳しく行った。具体的には、ユーザサイドの Breadcrumbs 対応度合いと、ネットワークサイドすなわちルータの Breadcrumbs 対応度合いを変化させて検討を行った。その結果、ユーザもしくはネットワークのいずれか一方でも Breadcrumbs の普及が進んでいない段階では、Breadcrumbs の効果であるサーバからのダウンロード率低減効果は見られないことが明らかとなった。これを改善する方法として、単純に Breadcrumbs 対応ルータのみでオーバーレイを構成する方法、さらに一部 Breadcrumbs 機能を下位ネットワークに開示する方法を検討し、後者の方法をとればユーザもしくはネットワークのいずれか一方の普及率が低い状況でも十分な効果が得られることを明らかにした。今回得られた結果は、Breadcrumbs 方式の初期投入段階で大きな効果が得られることを示した点で、実用性の観点で非常に重要である。この結果については、以下の論文などで発表を行っている。

神藤慎二，筒井達大，山本幹，“ユーザとネットワークへの普及率を考慮した Breadcrumbs 方式の性能評価，”電子情報通信学会技術研究報告 ネットワークシステム研究会，NS2011-212，2012 年 3 月

(2) コンテンツ転送フェーズ

コンテンツ転送フェーズについては、課題ウ-1-2 において複数 Breadcrumbs をルータに残す方法の実現性を検討した。詳細な方式検討の結果、複数 Breadcrumbs を残した場合には、コンテンツ要求の転送経路にループが発生する確率がより高くなることを発見した。今回、デフォルトの Breadcrumbs（オリジナル Breadcrumbs）以外の Breadcrumbs に対して、使用回数に伴いその使用確率を低減させる方法を考案し、それによりループ発生がかなり回避できること、さらに Breadcrumbs ヒット数が大きく改善されることを示し、今後複数 Breadcrumbs の利用にさらなる発展の可能性のあることを示した。この内容については、以下の論文などで発表を行っている。

筒井達大，浦林宏行，山本幹，“コンテンツオリエンテッドネットワークにおけるコンテンツ発見のための分散誘導方式の検討，”電子情報通信学会 総合大会，B-6-5，2012 年 3 月。

課題ウ-1-3 においては、コンテンツキャッシュを効率的に運用する Breadcrumbs+方式および Active Breadcrumbs 方式に関して、2 種類の機能拡張を提案・評価した。まず、ドメイン間に跨る BC trail が原因となるインタードメイントラヒックやトランジットコストの発生を抑制することを目的とし、誘導情報を作成および配布する範囲を限定することで、コンテンツ発見から取得までが行われる範囲を局所化する

BC-Scoping 方式を提案した。シミュレーションにより、BC-Scoping のコンテンツ取得の局所化促進効果と、それに付随するトラフィック削減およびトランジットコストの抑制という観点から提案方式の有効性を確認した。次に、ABC 配布範囲内における利用できない無駄な BC trail の生成を防止することを目的とし、既存の ABC を起動トリガとして BC trail やコンテンツキャッシュの生成を規制する簡潔なノード間協調制御を提案した。コンテンツの置き換え頻度および種々の評価指標から、システム全体の性能を悪化させることなく、計算処理コストを削減することを確認した。本成果は以下の論文などで発表している。

柿田将幸, 谷川陽祐, 戸出英樹, “ [奨励講演] 複数 AS にまたがるコンテンツ指向網に適したインターネットワーク誘導情報の配布制御方式,” 電子情報通信学会技術研究報告 ネットワークシステム研究会, NS2011-103, 2011 年 10 月.

さらに、コンテンツを含めた一般的な概念としての「リソース」全般を従来技術と比べて効率的に発見・取得することが可能な RBC(Resource-oriented Breadcrumbs)の仕様検討を行い、基礎評価のためのシミュレータ改良ポイントの具体的検討を行った。

(3) コンテンツ配信プラットフォーム

課題ウ-1-4 において、上記の研究成果に基づきインターネットワーク誘導情報の新たな制御方式を組み込んだコンテンツ配信プラットフォームの試作を行った。特に、インターネットワーク誘導情報をアクティブに配布する Active Breadcrumbs (ABC) について、その動作検証と挙動評価を行い下記論文として発表した。

柳生智彦, 柿田将幸, 谷川陽祐, 戸出英樹, “コンテンツ配信のためのインターネットワーク誘導情報のアクティブ配布方式の試作評価,”電子情報通信学会技術研究報告 ネットワークシステム研究会, NS2011-211, 2012 年 3 月.

(7) 研究開発イメージ図