

# 交通機関を活用したコンテンツ配信システムの開発 (140202005)

## Development of Content Delivery System using Transportation Systems

### 研究代表者

佐藤拓朗 早稲田大学

Takuro Sato Waseda University

### 研究分担者

朴容震<sup>†</sup> 津田俊隆<sup>†</sup> 後藤滋樹<sup>†</sup> 田中良明<sup>†</sup> 亀山渉<sup>†</sup> 嶋本薫<sup>†</sup> 甲藤二郎<sup>†</sup> 金井謙治<sup>†</sup> 三上博英<sup>†</sup>  
齋藤孝文<sup>†</sup> 市野将嗣<sup>††</sup> 田金淳司<sup>†††</sup> 佐藤義治<sup>†††</sup> 山村新也<sup>†††</sup> 古殿知之<sup>†††</sup> 山田浩<sup>†††</sup>  
今長谷明<sup>†††</sup> 濱田圭<sup>†††</sup> 日下部雄三<sup>†††</sup> 原口美和<sup>†††</sup> 原口聡史<sup>†††</sup>

Yong-Jin Park<sup>†</sup> Toshitaka Tsuda<sup>†</sup> Shigeki Goto<sup>†</sup> Yoshiaki Tanaka<sup>†</sup> Wataru Kameyama<sup>†</sup> Shigeru Shimamoto<sup>†</sup> Jiro Katto<sup>†</sup> Kenji Kanai<sup>†</sup> Hirohide Mikami<sup>†</sup> Takafumi Saito<sup>†</sup> Masatsugu Ichino<sup>††</sup> Junji Tagane<sup>†††</sup> Yoshiharu Sato<sup>†††</sup> Shinya Yamamura<sup>†††</sup> Tomoyuki Furudono<sup>†††</sup> Hiroshi Yamada<sup>†††</sup> Akira Imahase<sup>†††</sup> Kei Hamada<sup>†††</sup> Yuzo Kusakabe<sup>†††</sup> Miwa Haraguchi<sup>†††</sup> Satoshi Haraguchi<sup>†††</sup>  
<sup>†</sup>早稲田大学 <sup>††</sup>電気通信大学 <sup>†††</sup>富士通九州ネットワークテクノロジーズ

<sup>†</sup>Waseda University <sup>††</sup>The University of Electro-Communications <sup>†††</sup>Fujitsu Kyushu Network Technologies Limited

研究期間 平成 25 年度～平成 26 年度

## 概要

フェーズ I では、アーキテクチャ、プロトコル設計、配信スケジューラなどの基盤技術の確立と CCN テストベッドによる実機評価を行い、最終的に試験線におけるフィールド実験を実施した。フェーズ II では、完全自動化、多人数・多コンテンツ対応、インタフェースのブラウザ実装、NDN テストベッド拡張などを進めた上で、最終的に営業線におけるフィールド実験を実施した。成果として、技術課題はほぼ解決できる知見を得ると共に、新規応用への展開を進めている。

## 1. まえがき

モバイルトラヒックは増加の一途にあり、かつその大部分をモバイルビデオが占めるとの予測がある。また、2020 年の東京オリンピックでは、多数の外国人が来日すると共に、移動しながらのコンテンツ視聴の機会が増えることが予想される。しかし、現在の無線通信インフラは決して十分なものではなく、場所や時刻に応じて輻輳が発生し、コンテンツ再生のフリーズも発生する。そこで提案者は、列車に代表される交通機関を通信インフラ化し、さらに新しいネットワーク技術として注目を集める CCN (Content Centric Networking) / NDN (Named Data Networking) も活用し、高効率で信頼性の高いコンテンツ配信システムの実現を試みた。

## 2. 研究開発内容及び成果

### ○ 開発したアプリケーション

本研究開発では、列車の運行特性を活用したコンテンツの効率的な「先回り配信アプリケーション」と、輻輳地域・災害地域のトラヒックを収集して非輻輳地域・非災害地域に配送するコンテンツの「オフローディングアプリケーション」の開発を進めた。

図 1 に、先回り配信アプリケーションの構成例を示す。ここでは、ユーザが列車に乗車中にコンテンツ視聴する状況を想定する。コンテンツサーバがユーザ (受信端末) にコンテンツ配信する際に、従来のセルラー網のように直接配信するのではなく、駅と列車が介在し、列車の移動時間と停車時間を考慮してコンテンツを分割し、停車駅に先回りして順次配信を行なうものとする。そして、列車が各駅に到着すると、各駅のサーバ (駅サーバ) から列車サーバにコンテンツを複製し、列車の移動中は、列車内でストリーミング配信を行うものとする。ここではまた、CCN/NDN の活用も想定し、駅サーバ、および列車サーバがキャッシュ機能を有するものとする。

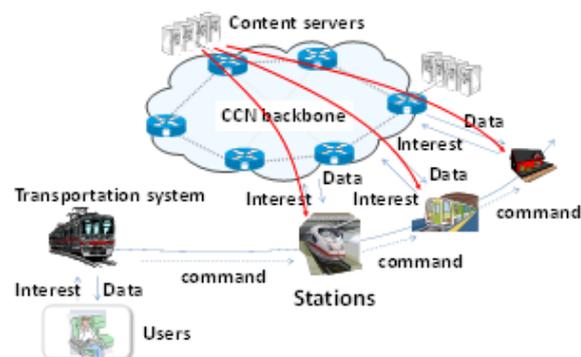


図 1: 先回り配信アプリケーション

### ○ プロトコル設計とスケジューラ設計

CCN/NDN は、配信に関する検討が優先的に進められる一方で、セッション制御 (制御系プロトコル) の仕様は確立されていない。そこで本研究開発では、コンテンツ配信は CCN/NDN で、セッション制御は IP (HTTP) で行なうハイブリッド仕様とした。

また、コンテンツの配信スケジューリングに関しては、以下の三条件を設定した。

- 列車が駅に到着する前に駅サーバへのコンテンツ配信が完了している条件 (proactive caching)
- 駅間の移動中にコンテンツ再生が途切れない条件 (continuous playback)
- 列車内でスムーズな配信が行なわれる条件 (smooth streaming)

ここでは MPEG-DASH の利用も想定しており、映像コンテンツを数秒単位のセグメントに分割し、複数のビットレートで圧縮 (階層化) し、サーバ上に格納しておく。そして、上記の三条件を満足する階層 (セグメント群) を駅区間ごとに選択することで、ネットワーク適応と時刻表対応

を同時に満足するようにした。図 2 には配信スケジューラの構成をまとめる。

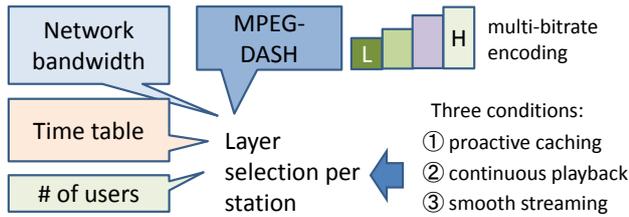


図 2: 配信スケジューラの構成

### ○ テストベッド実験とフィールド実験

複数の Linux 端末上に CCNx/NDNx をインストールして参加機関をつなぐテストベッドを構築し、先回り配信とオフローディングの実装評価実験を実施した。

また、特に先回り配信アプリケーションに関して、フェーズ I では京浜急行久里浜工場にて、フェーズ II では京浜急行大師線にて、それぞれ実車両を用いたフィールド実験を実施した。図 3 には京浜急行大師線におけるフィールド実験のネットワーク構成図を示す。ここで、バックボーンは NTT 東日本の光ファイバ網で構成し、大師線の三駅に駅サーバと無線 LAN 基地局、貸切車両内に列車サーバと無線 LAN 基地局を設置し、参加者 50 人による実証実験を実施した。参加者の評価は概ね良好であり、フリーズの無い映像配信を実現すると共に、品質劣化が始まる無線 LAN 基地局当たりの収容人数や映像コンテンツのビットレートに関する検証も行なった。

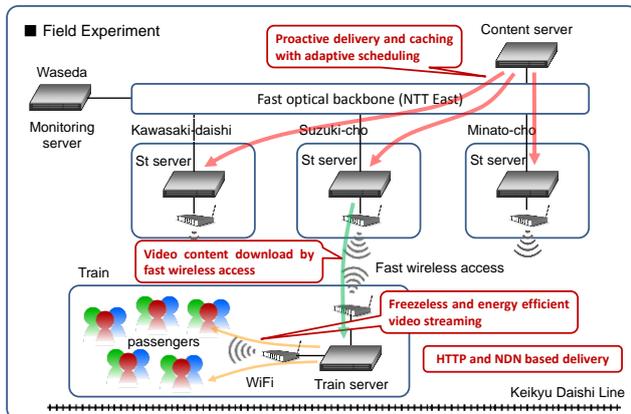


図 3: 京浜急行大師線におけるフィールド実験

## 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

### ○ アウトカム目標

表 1 に、本研究開発のアウトカム目標を示す。「適用範囲の拡大」については、新規提案課題が別の研究開発プロジェクトに採択されると共に、国内外の学会で成果発表を行うなど、新たな方向に発展している。「放送との連携」についても、本研究開発の申請時に比して、とりわけ 4K 映像が扱いやすくなっており、各種の実験を進めている。今後はまた、5G の研究開発とも連動させ、8K 映像も取り組んだ研究開発への発展を予定している。

### ○ 波及効果創出への取り組み

今回の研究開発を通じて鉄道事業者ならびに通信事業者との協力関係を構築でき、今後はビジネスモデルの確立を含めた検討を継続する。また、国際標準化活動への提案

も行なっており、特に ITU-T を中心とする国際標準化作業への貢献を継続する。

表 1: 本研究開発の主なアウトカム目標

適用対象の拡大	列車以外の交通機関（バスや自動車）やホットスポットへの展開 ナビゲーションとの連携
サービスの充実	広告、交通情報、地域情報等の配信
放送との連携	超高精細映像（4K/8K 映像）の受信
セキュリティ	無線通信の安全性確保

## 4. むすび

本研究開発では、鉄道に代表される交通機関のモビリティを活用し、かつ、CCNx/NDNx によるネットワーク内キャッシュ機能を活用した通信アプリケーションの検討を行なった。先回り配信アプリケーションでは、テストベッド実験に加えて実鉄道車両を用いたフィールド実験を実施し、その有効性を確認した。オフローディングアプリケーションに関しては、テストベッド実験を通じた有効性実証を行なった。

### 【誌上发表リスト】

- [1]Hu Yao and Shigeki Goto: "Introducing Routing Guidance Name in Content-Centric Networking," IEICE Trans. Communications, Vol.EB97-B, No.12, pp.2596-2605 (Dec.2014)
- [2]Kenji Kanai, Takeshi Muto, Hiroto Kisara, Jiro Katto, Toshitaka Tsuda, Wataru Kameyama, Yong-Jin Park and Takuro Sato: "Proactive Content Caching utilizing Transportation Systems and its Evaluation by Field Experiment," IEEE Globecom 2014 (Dec.2014)
- [3]Takeshi Muto, Keiji Kanai and Jiro Katto: "Implementation Evaluation of Proactive Content Caching using DASH-NDN-JS," IEEE WCNC 2015 (Mar.2015)

### 【申請特許リスト】

- [1] 佐藤拓朗、津田俊隆、亀山渉、甲藤二郎、ネットワーク中継装置並びに情報提供システム及び方法、日本、2014年2月20日。
- [2] 津田俊隆、佐藤拓朗、亀山渉、甲藤二郎、コンテンツ配信システム及び方法、日本、2014年2月20日。
- [3] 甲藤二郎、佐藤拓朗、津田俊隆、亀山渉、金井謙治、コンテンツ配信システム及び方法、日本、2014年2月20日。

### 【国際標準提案リスト】

- [1] ITU-T SG13 Rapporteur Group, TD257 (SG13RGM), "Proposal of Use Cases for Data Aware Networking as a Supplement to the Draft Recommendation of ITU-T Y.3033 (Y.sup.FNDAN)," Nov. 2014.

### 【報道掲載リスト】

- [1]"交通機関活用した映像コンテンツ「先回り配信技術」開発", 電波タイムズ, 2015年2月27日。
- [2]"早大など、鉄道乗客向け映像配信技術を開発ーコンテンツを先回り配信、移動中に受信", 日刊工業新聞, 2015年3月20日。

### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.comm.waseda.ac.jp/ProactiveCaching/>  
<http://www.comm.waseda.ac.jp/ProactiveCaching2/>