

## Real-time Video Analytics in Compressed Domain for Big Data Traffic Management

メタデータ	言語: en 出版者: 静岡大学 公開日: 2019-05-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 劉, 志 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/00026560">http://hdl.handle.net/10297/00026560</a>

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：13801  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2015～2017  
課題番号：15K21599  
研究課題名(和文) Real-time Video Analytics in Compressed Domain for Big Data Traffic Management  
  
研究課題名(英文) Real-time Video Analytics in Compressed Domain for Big Data Traffic Management  
  
研究代表者  
劉志(Liu, Zhi)  
  
静岡大学・工学部・助教  
  
研究者番号：90750240  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：データ分析のため、膨大な量のデータが集められている。ネットワークの混雑やクラウドストレージのデータオーバーフローを防ぐためには、視覚メディアをターゲットとするスマートな収集方式が必要である(必要でない動画をフィルタリングする)。最先端のビデオ解析手法はピクセルドメインにあります。ビデオは圧縮後によって伝送されますが、リアルタイムで実行することは難しい。本プロジェクトでは、圧縮ドメイン映像解析を行い、各種ネットワークにおける映像伝送方式の設計を行った。関連する結果は、いくつかのジャーナルと会議の論文に掲載されています。

研究成果の概要(英文)：Vast amount of data (also known as Big Data) is now continuously collected across geographical locations for massive data analysis towards semantically meaningful information and trends. An overwhelming proportion of collected data is visual media such as images & videos. To keep up with the torrid pace of big data growth and avoid paralyzing network congestion and/or data overflow at cloud storage, a smarter data collection scheme, one that targets visual media specifically, must be designed to filter out in real time uninformative data at network edges before it enters the network core. In this project, we conducted the compressed domain video analysis and designed the video transmission methods in various types of networks. The related results are published or submitted to number of journal and conference papers.

研究分野：情報学

キーワード：ビッグデータ マルチメディア 情報処理 ネットワーク 構成 運用管理評価技術  
トラフィック管理 マルチメディア 情報ネットワーク

## 1. 研究開始当初の背景

現在、膨大な量のデータが集められている。収集されたデータの圧倒的割合は、動画などの視覚メディアである。IDC の報告書によると、データの量は、2001 年から 2015 年にかけて年間 60% 増加している。ネットワークの混雑やクラウドストレージのデータオーバーフローを防ぐためには、視覚メディアをターゲットとするスマートな収集方式が必要である(必要でない動画をフィルタリングする)。最先端のビデオ解析手法はピクセルドメインにあります。ビデオは圧縮後によって伝送されますが、リアルタイムで実行することは難しい。

## 2. 研究の目的

このプロジェクトは、ネットワークの混雑やクラウドストレージのデータオーバーフローを防ぐことが目的である。

特に、(1)リアルタイムのビデオ分析に向けて、重要なビデオと重要でないビデオを素早く正確に区別するために、圧縮ドメイン情報だけに基づいてビデオストリームを分析フレームワークを提案する。

(2) 一方、大きなデータトラフィックによって引き起こされる問題を解決するために、さまざまな種類のネットワークに効率的なストリーミング方法を設計する。

## 3. 研究の方法

研究目標を達成するために、プロジェクト全体をサブ問題に分割し、その特徴に従って各サブ問題を解決しようとする。例えば、圧縮ドメイン情報に基づいて、機械学習法を用いてビデオを分析する。効率的なデータ伝送方法を設計するために、クロスレイヤーアプローチを採用し、数学ツールを使用して、公式化された目的関数を解く。

## 4. 研究成果

私はこの問題を研究し、それをさまざまな面から解決しようとした。関連する結果は、ジャーナルと会議の論文に掲載されている。研究成果の一部を以下に示す。

### 1) 圧縮ドメインビデオ分析

典型的な圧縮ドメイン情報には、動きベクトル、残差、符号化モードなどが含まれている。圧縮ドメイン情報がビデオから取得された後、我々は機械学習スキームを使用してビデオを分析する(例えば、圧縮されたドメイン情報を使ってシーンから人を検出できることを示しています)。これらの分析結果を使用して、重要でないビデオを除外することができます。ネットワークトラフィックを

大幅に削減することができるようになります。

### 2) CCN キャッシング

CCN は最近、IP アドレスの使用を避けることを目的とした新しいネットワークアーキテクチャを提案している。CCN キャッシングの性質は、ネットワークトラフィックを大幅に削減するの役に立っている。CCN のパフォーマンスを向上させるために、我々は新しいキャッシュ方式を設計した結果、ネットワークをさらに削減できることがわかりました。

### 3) モバイルエッジコンピューティング

ビデオ分析には計算力が必要です。計算能力が高いほど、より良い結果が得られます。モバイルエッジコンピューティングは余分な計算能力を提供できる。モバイルエッジコンピューティングに関しては、タスクスケジューリング、タスクアップロード、および計算結果のダウンロードを最適化して、全体のエネルギー消費を最小限に抑える。

一方、我々は車両アドホックネットワーク(VANET)においてモバイルエッジコンピューティングを行うための一つのフレームワークも提案した。

### 4) ネットワーク上のビデオ伝送

効率的なビデオ送信も非常に重要であり、再送信などを減らすのに役立ち、したがってネットワークトラフィックを減少させる。我々は、異なるネットワークを介してビデオ伝送を研究した。例えば、VANET によるビデオでは、MCS を選択する方法、適切な伝送速度とデータの中継方法などを研究した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 17 件)

1. Cheng Zhang, Zhi Liu, Bo Gu, Kyoko Yamori, Yoshiaki Tanaka, "A Deep Reinforcement Learning Based Approach for Cost- and Energy-Aware Multi-Flow Mobile Data Offloading," IEICE Transaction on Communications, 査読有, Vol.E101-B, No.3, pp.657-666, 2018
2. Cheng Zhang, Bo Gu, Zhi Liu, Kyoko Yamori, Yoshiaki Tanaka, "Cost- and Energy-Aware Multi-Flow Mobile Data Offloading Using Markov Decision Process," special section on "Network Resource Control and Management for IoT Services and Applications", IEICE

- Transactions on Communications, 査読有, Vol.E101-B, No.3, pp. 657-666, 2018.
3. Bo Gu, Zhi Liu, Cheng Zhang, Kyoko Yamori, Osamu Mizuno, Yoshiaki Tanaka, "A Stackelberg Game Based Pricing and User Association for Spectrum Splitting Macro-Femto HetNets," IEICE Transaction on Communications, 査読有, Vol.E101-B, No.1, pp.154-162, 2018.
  4. Zhi Liu, Toshitaka Tsuda, Hiroshi Watanabe, Satoko Ryuo, Nagateru Iwasawa, "Data Driven Cyber-Physical System for Landslide Detection," ACM/springer Mobile Networks and Applications, 査読有, pp. 1-12, 2018
  5. Phi Le Nguyen, Yusheng Ji, Zhi Liu, Huy Vu, Khanh-van Nguyen, "Distributed Hole-Bypassing Protocol in WSNs with Constant Stretch and Load Balancing," Elsevier Computer network, 査読有, Volume 129, Part 1, Pages 232-250, 2017
  6. Qiyue Li, Baoyu Chu, Zhong Wu, Wei Sun, Liangfeng Chen, Jie li, Zhi Liu, "RMDS: Ranging and multidimensional scaling-based anchor-free localization in large-scale wireless sensor networks with coverage holes," International Journal of Distributed Sensor Networks, 査読有, Vol. 13(8), pp. 1-17, 2017
  7. Jingyun Feng, Zhi Liu, Celimuge Wu, Yusheng Ji, "AVE: Autonomous Vehicular Edge Computing Framework with ACO-Based Scheduling," IEEE Transaction on Vehicular Technology, 査読有, vol. 66, no. 12, pp. 10660-10675, 2017.
  8. Fei Li, Zhizhong Ding, Yu Wang, Jie Li, Zhi Liu, "BEM Channel Estimation for OFDM System in Fast Time-varying Channel," IEICE Transactions on Communication, 査読有, Vol.E100-B, No.8, pp.1462-1471, 2017
  9. Qiyue Li, Hailong Fan, Wei Sun, Jie li, Liangfeng Chen, Zhi Liu, "Fingerprints in the Air: Unique Identification of Wireless Devices using RF RSS Fingerprints," IEEE Sensor Journal, 査読有, Vol.17, No.11, pp.3568-3579, 2017
  10. Zhi Liu, Mianxiong Dong, Bo Gu, Cheng Zhang, Yusheng Ji, Yoshiaki Tanaka, "Fast-start Video Delivery in Future Internet Architectures with Intra-domain Caching," ACM/springer Mobile Networks and Applications, 査読有, vol 22, no. 1, pp 98-112, 2017
  11. Zhi Liu, Cheng Zhang, Bo Gu, Mianxiong Dong, Yusheng Ji, Yoshiaki Tanaka, "Markov-Decision-Process-Assisted Consumer Scheduling in a Networked Smart Grid," IEEE Access, 査読有, Vol.5, 2448 - 2458, 2016
  12. Ruijian An, Zhi Liu, Hao Zhou, Yusheng Ji, "Resource Allocation and Layer Selection for Scalable Video Streaming over Highway Vehicular Networks," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読有, Vol. E99-A, No.11, pp.1909-1917, 2016
  13. Qiyue Li, Wei Li, Wei Sun, Jie li, Zhi Liu, "Fingerprint and Assistant Nodes based Wi-Fi Localization in Complex Indoor Environment," IEEE Access, 査読有, vol. 4, no., pp. 2993-3004, 2016.
  14. Jie Li, Zhongming Bao, Chenxiang Zhang, Qiyue Li, Zhi Liu, "Joint MCS and Power Allocation for SVC Multicast over Heterogeneous Cellular Networks," Elsevier Computer Communication, 査読有, Vol. 83, pp. 16-26, 2016
  15. Bo Zhang, Zhi Liu, S.-H. Gary Chan, Gene Cheung, "Collaborative Wireless Freeview Video Streaming with Network Coding," IEEE Transaction on Multimedia, 査読有, vol. 18, no. 3, pp. 521-536, 2016.
  16. Yi Ren, Fuqiang Liu, Zhi Liu, Chao Wang, Yusheng Ji, "Power Control in D2Dbased Vehicular Communication Networks," IEEE Transaction on Vehicular Technology, 査読有, vol. 64, no. 12, pp. 5547-5562, 2015.
  17. Xiaoyan Wang, Yusheng Ji, Hao Zhou, Zhi Liu, Jie Li, "Incentivize Spectrum Leasing in Cognitive Radio Networks by Exploiting Cooperative Retransmission," EAI Transactions on Wireless Spectrum, 査読有, Vol. 1, no. 3, pp. 1-8, 2015.
- 〔学会発表〕(計 37 件)
1. Yu Gu, Jinhai Zhan, Zhi Liu, Yusheng Ji, Jie Li, Xiaoyan Wang, "Sleepy: Adaptive Sleep Monitoring from Afar with Commodity WiFi Infrastructures," IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2018
  2. Yuki Takei, Zhi Liu, Susumu Ishihara, "Effect of channel bonding and parallel data transmission with IEEE802.11n wireless LAN in a small sewer pipe," The 32nd International Conference on Information Networking, 2018
  3. Hiroki Kushida, Mineo Takai, Hiroshi Mano, Zhi Liu, Susumu Ishihara, "On the Effectiveness of FILS with IEEE 802.11ad Wireless", 23rd Asia-Pacific Conference on Communications (APCC), 2017
  4. Xiaolan Jiang, Zhi Liu, Yusheng Ji, Lei Zhong, Ying Cui, "Coordinated Edge Caching System Design for Content Delivery in Information centric network",

- IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2017
5. Chengjun Guo, Ying Cui, Derrick Wing Kwan Ng, Zhi Liu, "Power-Efficient Multi-Quality Multicast Beamforming based on SVC and Superposition Coding," IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2017
  6. Junfeng Guo, Zhaozhe Song, Ying Cui, Zhi Liu, Yusheng Ji, "Energy-efficient Resource Allocation for Multi-user Mobile Edge Computing," IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2017
  7. Bo Gu, Mianxiong Dong, Zhi Liu, Cheng Zhang, Yoshiaki Tanaka, "Water Filling Transmission Power Allocation Algorithm for Joint Utility Optimization in Femtocell Networks," IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2017
  8. Cheng Zhang, Bo Gu, Zhi Liu, Kyoko Yamori, Yoshiaki Tanaka, "Cost- and Energy-Aware Multi-Flow Mobile Data Offloading under Time Dependent Pricing," 9th International Workshop on Internet Charging and QoS Technologies (ICQT17), 2017
  9. Xianwei Li, Bo Gu, Cheng Zhang, Zhi Liu, Kyoko Yamori, Yoshiaki Tanaka, "Duopoly Price Competition in Secondary Spectrum Markets," submitted to 9<sup>th</sup> International Workshop on Internet Charging and QoS Technologies (ICQT17), 2017
  10. Cheng Zhang, Zhi Liu, Bo Gu, Kyoko Yamori, Yoshiaki Tanaka, "Leveraging Location-Based Advertising to Wireless Local Area Network Deployment," 13<sup>th</sup> International Conference on Network and Service Management (CNSM), 2017
  11. Ying Cui, Wen He, Chun Ni, Chengjun Guo, Zhi Liu, "Energy-Efficient Resource Allocation for Cache-enabled Mobile Edge Computing", 42th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN), 2017
  12. Qiyue Li, Wei Li, Wei Sun, Jie li, Zhi Liu, "Cramer-Rao Bound Analysis of WiFi Indoor Localization Using Fingerprint and Assistant Nodes," 2017 IEEE 86<sup>th</sup> Vehicular Technology Conference (VTC2017-Fall), 2017
  13. Gene Cheung, Zhi Liu, Zhiyou Ma, Jack Z.G. Tan, "Multi-Stream Switching for Interactive Virtual Reality Video Streaming," 24th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2017
  14. Fantian Zeng, Chunxiao Li, Anran Zhen, Jun Sun, Zhi Liu, "Study of Connectivity Probability in Wireless Ad Hoc Networks Under Nakagami-m Fading Channel," The Ninth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICFUN), 2017.
  15. Yu Gu, Jianwen Tian, Liwen Zhang, Zhi Liu, Fuji Ren, Xiaoyan Wang, "Activity Recognition via Channel Response: From Theoretical Analysis to Real-world Experiments," 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC2017-Spring), 2017
  16. Zhi Liu, Kenji Kanai, Masaru Takeuchi, Toshitaka Tsuda, Hiroshi Watanabe, "Adaptive Video Streaming in Hybrid Landslide Detection System with D-S Theory," 2017 IEEE International Workshop on Smart Multimedia (SmartMM2017), 2017
  17. Bo Zhang, Zhi Liu, S.-H. Gary Chan, Gene Cheung, "Collaborative Wireless Freeview Video Streaming with Network Coding," IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS17), 2017
  18. Ruijian An, Zhi Liu, Yusheng Ji, "SVC-based Video Streaming over Highway Vehicular Networks with Base Layer Guarantee," The Workshop on Enhanced Living Environments, 2017
  19. Jingyun Feng, Zhi Liu, Celimuge Wu, Yusheng Ji, "HVC: A Hybrid Cloud Computing Framework in Vehicular Environment," The 5th IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering, 2017
  20. Ruijian An, Zhi Liu, Yusheng Ji, "H.264/SVC Video Streaming over Cooperative Vehicular Networks in Highway Scenario," The 13th International Workshop on Heterogeneous Wireless Networks (HWISE-2017), 2017
  21. Cheng Zhang, Bo Gu, Zhi Liu, Kyoko Yamori, Yoshiaki Tanaka, "A Stackelberg Game Based Analysis for Interactions among Internet Service Provider, Content Provider, and Advertisers," The 2017 IEEE Workshop on Game Theory in Computer Communications, 2017
  22. Bo Gu, Mianxiong Dong, Cheng Zhang, Zhi Liu, Yoshiaki Tanaka, "Real-Time Pricing for On-Demand Bandwidth Reservation in SDN-Enabled Networks," 14th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2017), 2017
  23. Zhi Liu, Mianxiong Dong, Bo Zhang, Yusheng Ji, Yoshiaki Tanaka, "Real-time Multi-view Video Streaming in Highway Vehicle Ad-hoc Networks (VANETs)," IEEE Global Communication Conference (IEEE GLOBECOM), 2016.
  24. Fangzhou Jiang, Zhi Liu, Kanchana

- Thilakarathna, Zhenyu Li, Yusheng Ji, Aruna Seneviratne, "TransFetch: A QoE-aware Video Distribution Framework in Public Transport," 41th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN), 2016
25. Cheng Zhang, Bo Gu, Zhi Liu, Kyoko Yamori, Yoshiaki Tanaka, "A Reinforcement Learning Approach for Cost- and Energy-Aware Mobile Data Offloading," "The 18th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), 2016
  26. Zhi Liu, Mianxiong Dong, Bo Gu, Cheng Zhang, Yusheng Ji, Yoshiaki Tanaka, "Impact of Item Popularity and Chunk Popularity for Caching management in Content Centric Networks," The 18th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), 2016
  27. Hao Zhou, Xiaoyan Wang, Zhi Liu, Xiaoming Zhao, Yusheng Ji, Shigeki Yamada, "QoS-aware resource allocation for multicast service over vehicular networks," 8th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP2016), 2016
  28. Zhi Liu, Yusheng Ji, Xiaolan Jiang, Yoshiaki Tanaka, "User-behavior Driven Video Caching in Content Centric Network," 3rd ACM Conference on InformationCentric Networking (ICN 2016), poster, 2016
  29. Xuefeng Liu, Yusheng Ji, Zhi Liu, Tamaki Tanaka, "Optimization of Resource Management in a Practical Cloud-based Online Computing System" accepted by 5th Asian conference on Nonlinear Analysis and Optimization (NAO-Asia), 2016
  30. Xiaoyan Wang, Hao Zhou, Zhi Liu, Yu Gu, "Large Scale Environmental Sound Classification based on Efficient Feature Extraction," 2016 International Workshop on Data Science and Engineering (in conjunction with the 45th International Conference on Parallel Processing (ICPP), 2016
  31. Qiyue Li, Hailong Fan, Wei Sun, Jie li, Xiaoyan Wang, Zhi Liu, "Fingerprint in the Air: Using the RSS Data for Uniqueness Identification," 2016 International Workshop on Data Science and Engineering, 2016
  32. Zhi Liu, Mianxiong Dong, Hao Zhou, Xiaoyan Wang, Yusheng Ji, Yoshiaki Tanaka, "Device-to-device Assisted Video Frame Recovery for Picocell Edge Users in Heterogeneous Networks," IEEE International Conference on Communications (IEEE ICC), 2016.
  33. Xiaoyan Wang, Yusheng Ji, Hao Zhou, Zhi Liu, Yu Gu and Jie Li, "A Privacy Preserving Truthful Spectrum Auction Scheme using Homomorphic Encryption," IEEE Global Communication Conference (IEEE GLOBECOM), 2015.
  34. Jun Sun, Chunxiao Li, Jie Ding, Jing Yang, Zhi Liu, "A Markov Chain Based Traffic Flow Control Model for Reducing Vehicles' CO2 Emissions," IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES2015), 2015.
  35. Zhi Liu, Toshitaka Tsuda, Hiroshi Watanabe, "Traffic Deduction Exploring Sensor Data's Intra-Correlations in Wireless Train Track Unusual Notification Sensor Networks," IEEE Sensors, 2015.
  36. Cheng Zhang, Bo Gu, Zhi Liu, Kyoko Yamori, Yoshiaki Tanaka, "Oligopoly Competition in Time-Dependent Pricing for Improving Revenue of Network Service Providers Considering Different QoS Functions," The 17th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), 2015.
  37. Zhi Liu, Mianxiong Dong, Bo Gu, Cheng Zhang, Yusheng Ji, Yoshiaki Tanaka, "Inter-Domain popularity-aware Video Caching in Future Internet Architectures," 11<sup>th</sup> International Conference on Heterogeneous Networking for Quality, Reliability, Security and Robustness (Qshine), 2015.
- 〔図書〕(計 2 件)
1. Zhi Liu, Mianxiong Dong, Hao Zhou, Xiaoyan Wang, Yusheng Ji, Yoshiaki Tanaka, "User-centric Inter-cell Interference Coordination in Heterogeneous Networks (HetNets)," book chapter in "Resource Allocation in Next-Generation Broadband Wireless Access Networks," IGI group, pp. 145-166 (pp. 1-334 in total), 2016
  2. Bo Zhang, Zhi Liu, S.-H. Gary Chan, "Wireless Video Fog: Collaborative Video Streaming among Mobiles," book chapter in "Fog for 5G and IoT", Wiley, pp.133-158 (pp.1-290 in total), 2016
- 〔産業財産権〕
- 出願状況(計 0 件)
- 名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：  
 出願年月日：  
 国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

劉 志 (LIU, Zhi)  
静岡大学・工学部・助教  
研究者番号：90750240

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

( )