

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330109

研究課題名(和文) 視聴者のコンテキストを判断可能な電子看板とその実時間コンテンツ配信手法

研究課題名(英文) Digital Signage Systems Reflecting Viewers' Context and Their Content Distribution Methods with Short Delay

研究代表者

井上 博之 (Inoue, Hiroyuki)

広島市立大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：60468296

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：視聴者のコンテキストを判断するため嗜好情報とコンテンツのメタ情報を関連づける。嗜好情報についてはインターネットにおける検索履歴を用い、関連づけられた動画コンテンツはBitTorrentを基にしたP2Pストリーミングにより配信するシステムを提案した。分割された動画コンテンツは再生時刻までに取得できればよいことに着目し、配信を分割単位で制御しサーバへの負荷や必要なネットワーク資源を削減できた。また動画を取得しながら再生する方式として、複数の経路それぞれに複数のTCP接続を確立するものと、PR-SCTPを用いてパケット損失耐性を高めるものを開発し、いずれも高い性能を得た。

研究成果の概要(英文)：To reflect viewers' context, we relate their interest to the meta information of contents. The interest is obtained from the keywords from Internet search engines and the related video contents are distributed among digital signage systems using P2P streaming methods based on BitTorrent. We have designed the system to fetch the pieces close to their deadline with high priority before they are required to play smoothly. As a result, it is confirmed to reduce the concentrated load to the server and the network resources. Moreover, we have developed two video replaying methods with downloading concurrently, which are confirmed to be effective. One is to establish multiple TCP flows on each of multiple paths to utilize broad bandwidth fully despite of high packet loss rate and large round trip time. The other is to adopt PR-SCTP as transport protocol to alleviate performance reduction due to conventional back-off mechanism when experiencing packet losses caused by data-link errors.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：コンテキストアウェア デジタルサイネージ P2P 締切時刻 コンテンツ配信 複数経路 プログレッシブダウンロード PR-SCTP

1. 研究開始当初の背景

(1) デジタル技術を利用し、ネットワークに接続されたデジタルサイネージシステムでは、時間帯や設置場所等の周辺のコンテキストに合わせたコンテンツを表示できる。近年では、周辺のコンテキスト情報に加えて、デジタルサイネージ端末周辺の視聴者の情報等のコンテキストをコンテンツ選択に利用することにより、特定の視聴者へ向けたコンテンツの配信を可能とする広告効果に優れた媒体として期待されている。このようなコンテキストを収集する方法としては、表示端末周辺を分析するカメラ、レーザースキャナ、超音波センサ、無線 LAN や RFID 等を用いた方法が提案されており、筆者らも近距離無線である Bluetooth を用いた視聴者検出とそれを用いたコンテンツ選択の手法や、事前登録しておいた視聴者の嗜好情報からなるプロフィール情報をもとに GPS で検出した近傍のデジタルサイネージ端末に嗜好にマッチするコンテンツを配信する手法を提案している。しかしながら、それぞれの表示端末周辺の視聴者のプロフィール情報は静的なものであり、コンテンツの寿命が短い広告コンテンツとマッチングさせるためには、その視聴者の最近の購買行動や活動に基づくような分析ができコンテンツを選択できれば、更なる広告効果が見込めることになる。また、この際に選択し配信するコンテンツとしては、従来、HTML や画像からなる 1 Mbyte 程度の比較的サイズが小さなデータを想定しており、広告効果の高い高精細な動画コンテンツのような数十～数百 Mbyte のデータを多数の端末に実時間で配信することは難しかった。なお、ここで言う実時間とは 1 つの広告コンテンツの切り換え周期である 15 秒の平均待ち時間である 7.5 秒程度を指している。

(2) 高精細な動画ファイルをコンテンツとして多数のデジタルサイネージ端末へ配信するためには、P2P ネットワークの利用が考えられる。既に、BitTorrent と呼ばれるソフトウェアを基にすることで、複数あるダウンロード先ピアのうち次のダウンロードに時間がかかると予想されるものからの取得を避ける方式を提案し、さらに全体のダウンロード時間をできるだけ長くしないまま、ネットワーク資源が潤沢でないファイル提供元のアップロード帯域消費を減じる方式について、その効果を検証している。これらはシミュレーションで確認しており、ピアにデジタルサイネージ端末を想定した実ネットワークにおいても同様の効果が期待される。しかしながら、数十 MByte のファイルを数千秒で取得する比較的狭い帯域を想定していたため、P2P ストリーミングのように実時間配信を考慮したプロトコルと組み合わせることで広帯域環境に最適化し、可能ならば事前取得などの技術も組み合わせ、7.5 秒程度の実時間性を目指す必要がある。

2. 研究の目的

街中に多く設置されるようになった電子看板（以下、デジタルサイネージ）においては、時間や天候等の環境情報、周辺の視聴者のような動的なコンテキストに基づいたコンテンツの表示が可能である。そのためには、コンテキストに基づくコンテンツの配信と表示を、大量のデジタルサイネージ端末に対してそれぞれ実時間で行う必要がある。特に、ターゲット広告として動画のようなサイズの大きいコンテンツを配信するためには、専用のコンテンツ配信システムが必要であると考えている。本研究では、大規模なデジタルサイネージ端末の周辺コンテキストと流行のコンテンツを判断し、実時間でターゲットとなるコンテンツを配信できるようなシステムの実用化を目指す。

3. 研究の方法

大きく 2 つの研究テーマに分けて検討する。(1) デジタルサイネージ表示端末の視聴者の行動履歴をより動的に分析し、その視聴者が好むと思われるコンテンツを効果的に選択し、(2) 高精細な動画コンテンツを多数の表示端末に配信する手法を研究し、実用化のための運用および評価を行う。

(1) について、デジタルサイネージ周辺の視聴者を検出する手法として、既に研究を行った個人の持つスマートフォン等の携帯端末を用い、視聴者の属性を含むコンテキストとして行動履歴の分析を行い個人のプロフィール情報を動的に生成し、それに基づくコンテンツ選択を行う。具体的には、個人の行動履歴を得るために、その個人によって書かれた Twitter のようなマイクロブログや Facebook のような SNS のデータを用いることを考えている。また、検索エンジンから得られる検索語急上昇ワードのような情報を同時に分析に用いることで、行動履歴の中から一般的に流行している言葉を取り出す精度を高めることを目標とする。この手法を検討するために、実際に、検索語のランキングを流行のキーワードのヒントとして用いて、マイクロブログの投稿に含まれる流行のキーワードの頻度を抽出し、時間経過による頻度の差分を求め、既存の配信コンテンツのカテゴリ分類と一致するような使用頻度の高いキーワードを得られるかを確認してみた。Yahoo! 検索エンジンから得られる急上昇ワードを流行語のヒントに用いて、それを Twitter の一連のつぶやきから抽出し頻度を求めることで、既存コンテンツの各カテゴリのサブカテゴリとして分類を行ってみた。2013 年 9 月下旬の流行語をもとに分類を行ったところ、キーワードの分析結果が得られた。今回は基になった急上昇キーワードに人名や事故や災害のようなものが多く含まれてるような結果となったが、配信コンテンツをマッチングさせるための基本的なキーワ

ード抽出機構が動作することは確認できている。

(2)について、高精細動画は情報量が大きいため、これを実時間で各端末に共有させるには負荷の集中と効率的な取得を考慮する必要がある。まず負荷の集中に関してはアクセスの時間的な不均一性を利用し、負荷を分散する技術を開発することを目的とする。この際、スーパーシードモードを持つ BitTorrent のような P2P ネットワークにおけるファイル拡散時間について発表した技術を利用することを考える。また効率的な取得に関しては空間的な不均一性を利用する。1 対多通信や事前取得などを組み合わせて実時間の動画ファイル配信の実現可能性を検討する。本研究期間内においては、開発技術をシミュレーションで評価し、プロトタイプを作成し実証実験するところまでを目標とする。

本研究では、デジタルサイネージ端末周辺の視聴者の検出から、その行動履歴に基づくコンテキスト分析、そして実際の P2P を用いた配信ネットワークによる動画コンテンツ配信ができるようなシステムを開発し、実環境で評価を行う。

4. 研究成果

(1) サイネージクラウドとそのクラウド API の開発については、視聴者のコンテキストの判断として、Twitter のようなマイクロブログを利用して視聴者の行動履歴や嗜好情報を分析し、それに応じたコンテンツを選択し配信する手法について実装し評価を行った。具体的には、検索エンジンを利用することにより嗜好情報とコンテンツのメタ情報の関連度の数値化を行い、両者のマッチングをすることでコンテンツを選択する手法を提案し、提案に基づくプロトタイプシステムの開発を行った(図1)。評価として、テストデータを作成し検索エンジンの利用方法を変化させ、コンテンツ選択を行うことで F 値の算出を行った。結果としてインターネット上のページのタイトルのみを対象とした検索を行うことで、嗜好と関連の高いコンテンツ選択が可能であることを確認した。また、実際の環境を想定して、情報表示端末周辺の視聴者が複数存在する場合での動作検証を行い、同様にコンテンツ選択が可能であることを確認した。

視聴者の行動履歴や嗜好情報に基づきコンテンツを選択し配信する手法については、個人の所有するスマートフォン等の携帯端末をパーソナライズなデジタルサイネージ端末とみなす手法の検討を行った。個人の携帯端末でのネット検索の履歴情報等をユーザの嗜好を表すキーワードとして扱い、それをユーザの能動的な行動履歴として関連するコンテンツの関連度を数値化する方式の提案を行った。関連度はキーワードの F 値より求め、関連度の高い広告コンテンツを選択し配信することで個人へのターゲット広告

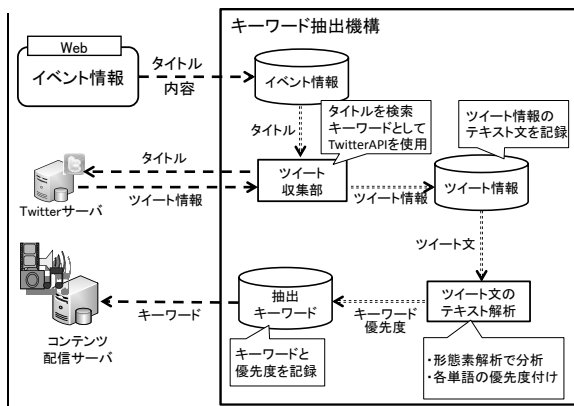


図1 プロトタイプシステムの構成

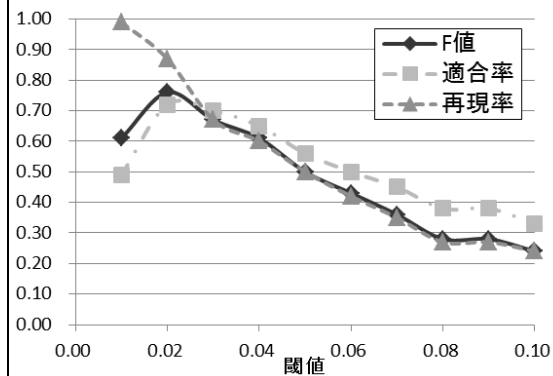


図2 嗜好情報とのマッチングの評価

が実現できることを確認した(図2)。

(2) 情報端末への効率的な配信方式については、一台のコンテンツ保持者から複数の端末に向けての配信について検討と実装を行った。P2P ネットワークの1つである BitTorrent の配信モデルを実機実装し、デジタルサイネージで表示される高品質な動画を縮切までに再生可能にするための技術について検討した。BitTorrent と同様に希少なピースを優先的に配布する(Rarest First)ことで多くのピアがピース提供者になれることを重視する方式は先頭から再生する動画については適切ではないため、先頭から順に要求する(Earliest First)方式を組み合わせる方式を提案した。またシミュレーションにより同方式を不均一な品質を持つネットワーク経由で動作させた実験を行った。

また、1つの動画コンテンツにおいて再生予定時間に基づくコンテンツ内の縮切時刻を設定することで、その時点までの動画フレームを取得するため、P2P 配信方式においてピースの効率的な取得に有効な手法を複数提案し比較評価した。BitTorrent 型の P2P ライブストリーミングや VoD サービスの有効性について、デジタルサイネージのように特定のサーバに集約された情報を同一 LAN 内に展開された多数の情報提示端末で共有する場合で確認する。このため、動画を取得しながらのスケジューリングされた再生を対象とし、均質な LAN 環境に展開された複数台の端末を不均一な性能を持つネットワークリンクを通して相互に接続したトポロ

ジを想定し、初期シーダから提供されるピースの選択方針とネットワークリンク性能の不均一性が動画再生に与える影響を主にシミュレーション実験により調査した。その他、複数の経路を用いて動画をダウンロード再生するため、各経路に割当てる TCP 接続の本数を計算し、経路ごとの性能差を吸収するために部分ファイルの要求順序を変更する方式を提案し評価した。また PR-SCTP を用いた方式を改良し、パケットロス率の高い劣悪な環境でも高速なデータ通信を実現した。

BitTorrent を基にした P2P 方式を採用したときに必要なネットワーク条件について評価した結果、コンテンツ提供者への負荷集中を抑える度合および最低限必要な帯域が明らかとなり、P2P 方式の優位性を定量的に評価できた。評価はシミュレーションと開発したプロトタイプシステムにより実施した。図 3 は提案した CPD 方式と静的な切り替え方式である RF+EF 方式について、動画コンテンツが再生可能になるまでの待ち時間を比較する。コンテンツ提供ノードに接続するリンクの帯域が十分でない場合 (20Mbps の例)、従来の RF+EF 方式では 7.5s を下回ることがないが、提案方式ではデジタルサイネージを想定した端末 (ピア) 間に十分な帯域 (30Mbps 以上 (図 3 の bw2)) を確保すると、目標とした 7.5s 以下を達成することができた。

またコンテンツの実時間配信に必要な要素技術についても検討を進めた。まず高遅延・高ロス率ネットワークにおいて従来の TCP では使い切れない帯域を十分に活用するため、経路を複数用いるとともに、経路あたり複数の TCP 接続を確立することで高画質な動画コンテンツを取得しながら再生する技術であるプログレッシブダウンロードについて評価を継続した。TCP 接続のそれぞれが獲得できるスループットの差に着目し、低速な接続は切り捨てることにより、順序逆転を緩和する方式が有効であることがわかった。さらに実ネットワークを用いた実験によりその有効性を確認した。また従来はネットワークの帯域と遅延とパケットロス率が既知である前提をおいていたが、より現実的な状況に対応するため、タイマ間隔というパ

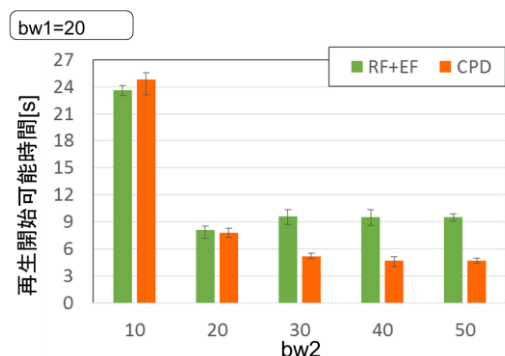


図 3 再生可能になるまでの時間

ラメータのみで変動するネットワーク環境に対応可能な方式を提案し評価した。コンテンツの実時間配信のために、トランスポートプロトコルとして PR-SCTP を用いる方式についても検討を進めた。前年度までの検討で明らかになった従来方式の欠点を補うため、部分ファイルの到着順序を考慮して確率的に次の要求番号を決める方式を提案し、その有効性をテストベッドネットワークにおいて確認した。この際、アプリケーションにより到着順序を重視する度合が異なるので、パラメータとして調節可能な汎用性の高い方式を開発した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 7 件)

- [1] Hiroaki HORIBA, Tokumasa HIRAOKA, and Junichi FUNASAKA: A Progressive Download Method Based on Timer-Driven Requesting Schemes Using Multiple TCP Flows on Multiple Paths, Proc. 37th IEEE ICDCS Workshops, Jun. 2017 (to appear). 査読有
- [2] T. Shiroma, Y. Nishio, H. Inoue, "A Threat to Mobile Devices from Spoofing Public USB Charging Stations", Proceedings of 35th International Conference on Consumer Electronics (ICCE2017), pp.88-89, Jan. 2017. 査読有
- [3] Junichi Funasaka and Kazuya Takeda: Evaluation on Required Time and Arrival Order of Blocks for Segmented File Downloading Methods Using PR-SCTP and Unordered Delivery, Proc. 36th IEEE ICDCS Workshops, pp.140-145, Jun. 2016. (doi:10.1109/ICDCSW.2016.33) 査読有
- [4] Kazuya Takeda and Junichi Funasaka: Performance Evaluation on Control Parameters for Segmented File Download Method Using PR-SCTP, Proc. 3rd International Symposium on Computing and Networking (CANDAR'15), pp.299-302, Dec. 2015. (Poster) (doi:10.1109/CANDAR.2015.88) 査読有
- [5] Tokumasa Hiraoka and Junichi Funasaka: A Progressive Download Method Using Multiple TCP Flows on Multiple Paths, Proc. 10th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA 2015), pp.318-324, Nov. 2015. (doi:10.1109/BWCCA.2015.62) 査読有
- [6] Junichi Funasaka and Tatsuya Oki,

“ On Control Parameters for Segmented File Download Using PR-SCTP Unordered Delivery” , Proc. International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC 2014), pp.548-553, Oct. 2014. 査読有

- [7] 田中碧海, 井上博之, “コンテキストウェアな情報表示端末における近距離無線を用いた視聴者情報の検出とコンテンツ選択”, 情報処理学会論文誌: デジタルコンテンツ, vol.2, no.2, pp.48-56 (Aug. 2014). 査読有

[学会発表] (計 20 件)

- [1] 堀場宏晃, 平岡篤昌, 舟阪淳一: タイマ駆動による要求方式のプログレッシブダウンロードへの適用, 2017 年電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集 2, p.S-104 (BS-3-11), 2017 年 3 月 22~25 日, 名城大学天白キャンパス (愛知県名古屋市中区).
- [2] 石井溪太, 武田和也, 舟阪淳一: WebRTC における PR-SCTP を用いたダウンロード時間の評価, 2017 年電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集 2, p.105 (B-7-12), 2017 年 3 月 22~25 日, 名城大学天白キャンパス (愛知県名古屋市中区).
- [3] 平岡篤昌, 舟阪淳一: 複数の TCP 接続を複数経路上に確立するプログレッシブダウンロード方式の固定ビットレートによる評価, 2017 年電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集 2, p.103 (B-7-10), 2017 年 3 月 22~25 日, 名城大学天白キャンパス (愛知県名古屋市中区).
- [4] 坂口央尚, 平岡篤昌, 舟阪淳一, 谷津昌樹: 性能の異なる複数経路において TCP 並列接続を用いた分割ダウンロード再生の実証評価, 2017 年電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集 2, p.102 (B-7-9), 2017 年 3 月 22~25 日, 名城大学天白キャンパス (愛知県名古屋市中区).
- [5] 城間政司, 西尾泰彦, 井上博之, “偽装された公共 USB 充電サービスによるモバイル端末への脅威,” コンピュータセキュリティシンポジウム 2016 (CSS2016), pp.474-479, 2016 年 10 月 11~13 日, 秋田キャッスルホテル (秋田県秋田市).
- [6] 平岡篤昌, 舟阪淳一, 石田賢治: 最大グッドプットを獲得可能な数の TCP 接続を複数経路上に確立するプログレッシブダウンロード方式, 電子情報通信学会技術研究報告 NS2016-229 (Vol.116, No.NS-484, pp.411-416), 2017 年 3 月 2~3 日, 沖縄残波岬ロイヤルホテル (沖縄県中頭郡).
- [7] 武田和也, 舟阪淳一, 石田賢治: PR-SCTP を用いた分割ダウンロード方

式の飽和フロー状態におけるサーバの制御パラメータの解析 ~バックオフに与える影響について~, 電子情報通信学会技術研究報告 NS2016-193 (Vol.116, No.NS-484, pp.205-210), 2017 年 3 月 2~3 日, 沖縄残波岬ロイヤルホテル (沖縄県中頭郡).

- [8] 高田航介, 平岡篤昌, 小畑博靖, 舟阪淳一, 谷津昌樹: 複数の経路において複数の TCP 接続を用いる分割ダウンロード再生方式の評価実験, 2016 年電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集 2, p.195 (B-7-62), 2016 年 3 月 15~18 日, 九州大学伊都キャンパス (福岡県福岡市).
- [9] 武田和也, 舟阪淳一: PR-SCTP を用いた分割ダウンロード方式の所要時間とブロック到達順序に関する考察, 電子情報通信学会技術研究報告 NS2015-238 (Vol.115, No.NS-483, pp.405-410), 2016 年 3 月 3~4 日, シーガイアコンベンションセンター (宮崎県宮崎市).
- [10] 舟阪淳一, 井上博之: P2P 分割配信によるデジタルサイネージのための動画コンテンツ取得・再生方式についての一考察, 電子情報通信学会 第 9 回ネットワークソフトウェア研究会, p.51, 2016 年 1 月 21~22 日, 博多バスターミナル (福岡県福岡市).
- [11] 西本翔, 平空也, 矢田堅志郎, 舟阪淳一, 井上博之: 携帯端末でのネット検索情報から得られるユーザの嗜好に基づくコンテンツ選択機構, 電子情報通信学会技術研究報告 IN2015-99 (Vol.115, No.IN-405, pp.23-28), 2016 年 1 月 21~22 日, 名古屋企業福祉会館 (愛知県名古屋市中区).
- [12] 武田和也, 舟阪淳一, “PR-SCTP を用いた分割ダウンロード方式の制御パラメータ調整による高速化”, 電子情報通信学会技術研究報告 IN2015-59 (Vol.115, No.IN-252, pp.35-40), 2015 年 10 月 15~16 日, 大阪大学中之島センター (大阪府大阪市).
- [13] 矢田 堅志郎, 西本 翔, 舟阪 淳一, 井上博之, “情報表示端末における締切時刻を持つ P2P コンテンツ配信方式の検討と実装による評価”, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2015) シンポジウム, pp.1095-1102, 2015 年 7 月 8~10 日, ホテル安比グランド (岩手県八幡平市).
- [14] 舟阪淳一, 矢田堅志郎, 井上博之, “ピースの選択とトポロジが P2P ストリーミングに与える影響に関する一検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, NS2015-5 (Vol. 115, No. 1, pp. 23-28), 2015 年 4 月 16~17 日, 飛騨地域地場産業振興センター (岐阜県高山市).
- [15] 平岡篤昌, 舟阪淳一, “複数経路におい

て複数の TCP 接続を用いる分割ダウンロード再生方式 –ランダムエラーへの対応–”, 2015 年電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集 2, p.85 (B-6-85), 2015 年 3 月 10~13 日, 立命館大学 (滋賀県草津市).

- [16] 武田和也, 舟阪淳一, “PR-SCTP を用いた分割ダウンロード方式の性能とサーバにおける制御パラメータの関係”, 第 16 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム (HISS) 論文集, A-33 (4pages), 2014 年 11 月 15~16 日, 広島市立大学 (広島県広島市).
- [17] 伊達友裕, 井上博之, "マイクロブログを利用したローカルコンテンツの選択のためのキーワード抽出機構", マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム論文集, pp.1667-1673, 2014 年 7 月 9~11 日, ホテル泉慶 (新潟県新発田市).
- [18] 西本翔, 井上博之, "情報表示端末における検索エンジンを利用した視聴者の嗜好情報に基づくコンテンツ選択手法の提案", マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム論文集, pp.1661-1666, 2014 年 7 月 9~11 日, ホテル泉慶 (新潟県新発田市).
- [19] 田中碧海, 矢田堅志郎, 岩田稜平, 西本翔, 伊達友裕, 江崎貴也, 井上博之, "コンテンツ視聴後の行動を支援する情報表示媒体と携帯端末との連携機構", マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム論文集, pp.2027-2034, 2014 年 7 月 9~11 日, ホテル泉慶 (新潟県新発田市).
- [20] 舟阪淳一, 沖達也, “PR-SCTP を用いた分割ダウンロード方式の制御パラメータに関する検討”, 電子情報通信学会ネットワークソフトウェア研究会, pp.3-9, 2014 年 6 月 5~6 日, とかちプラザ (北海道帯広市).

〔図書〕 (計 1 件)

- [1] 島中伸敏 著・編, 井上博之, 佐藤雅明, 伊藤重隆, 折原秀博, 永井庸次 共著, "IoT 時代のセキュリティと品質—データネットの脅威と脆弱性", 日科技連出版, ISBN 978-4817196200, Apr. 2017.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 博之 (INOUE, Hiroyuki)
広島市立大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号：60468296

(2) 研究分担者

舟阪 淳一 (FUNASAKA, Junichi)
広島市立大学・大学院情報科学研究科・准