

自律ノードの制御に基づくセキュアなコンテンツ流通基盤に関する研究 (031103004)

Study on a Secure Content Distribution Platform by Autonomous Node

酒井 善則 東京工業大学
Yoshinori Sakai Tokyo Institute of Technology

伊東 利哉 山岡 克式 角田 貢 小林 亜樹
Toshiya Itoh Katsunori Yamaoka Mitsugu Kakuta Aki Kobayashi
東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

研究期間 平成 15 年度～平成 17 年度

概要

コンテンツ流通を目的としたネットワークで、ネットワークの蓄積ノードが自律的にセキュアで効率の良い流通基盤を実現するための基盤技術を開発した。具体的にはコンテンツへの検索履歴を正しく表現するメタデータの表現法、付加されたメタ情報を利用したノードによる最適コンテンツ配置法、確率的ランダム検索と動的ハイパーリンクを併用したコンテンツ検索法、主観評価値をもとにしたトランスコーディングとこれを利用した映像のスケーリング法、ストリームコンテンツのためのプロトコルを開発するとともにストリームコンテンツ管理理論を構築した。更にはセキュアなコンテンツ取引のため分散認証法、コンテンツの著作権保護を目的とした新しい電子透かしを開発した。

Abstract

In this project, we have developed a platform for content distribution network by the control of autonomous nodes and also developed basic technologies. Basic technologies include (1)metadata which reflects content population, (2)content placement algorithms, (3)distributed content query method, (3)new protocol for streaming content, (4)transcoding based on subjective quality, (5)distributed authentication method, and (6)new watermark for copyright protection.

1. まえがき

本研究ではインターネットで使用するネットワークノードを高機能化して、自らの判断でセキュアなコンテンツ流通を行うシステム及びその個別技術を開発することを目的とした。またコンテンツの中でも映像のようなストリーミングメディアについては、品質を保ちながら流通させるためのノードの役割が大きいと、個別技術としては特に重点をおいた研究を行った。個別技術は常にシステム化の研究にフィードバックして、全体での位置づけを明確にした。本研究では個別技術としてコンテンツ自律流通方式、コンテンツ取引のための分散認証方式、分散コンテンツの検索方式、ストリームコンテンツの流通方式、主観品質を基にした映像伝達方式、メディア配信の効率的なスケジューリング、電子透かしを利用した追跡情報の埋め込み、の開発を行い、これらの技術を実験できるコンテンツ流通プラットフォームを構築した。本報告書ではその一部についてのみ報告する。

2. 研究内容及び成果

2.1 コンテンツ自律流通方式

筆者等のグループではコンテンツ自身が自らの重要度及び検索人気をメタデータとして持ち、これを元にゲーム理論に基づいて蓄積ノード間を移動する自律流通方式を本計画以前から研究していた。具体的には蓄積ノードとリンクからなるネットワークで、検索があるとコンテンツが蓄積ノードから検索者に送られるが、途中ノードに到着した場合、そこでコンテンツ内のメタデータとノード内の余裕、更には隣接ノードの余裕をもとに、(1)ノード内に当該コンテンツを追加蓄積する、(2)いずれかのコンテンツを除去する、(3)いずれかのコンテンツを隣接ノードに移動させる、の判断をコンテンツとノードをプレイヤーにしたゲーム理論で行う方式である。研究期間においては以上

の研究を進展させ主に次の成果を得た。

- (1)本方式を実装して動作の確認を行った。
- (2)本方式の分析を行いメタデータ等の与え方を定めると共に、他方式と比較して適用領域を明らかにした。

後者(2)については、本方式自身がオリジナルコンテンツを持たない新しいモデルであることから、提案した検索人気を示すパラメータが実際の人気をどの程度反映できるかを検討するとともに、コンテンツ自身が自らの人気を表すメタデータを持つ本方式と、各ノードが個別にコンテンツを管理する他方式とを比較して、コンテンツがメタデータを持つことの効果を検証した。図1のように、本提案方式(Per Node)は最適配置法とほぼ近い配送コストが実現できることを確かめた。

Average Cost of Delivery

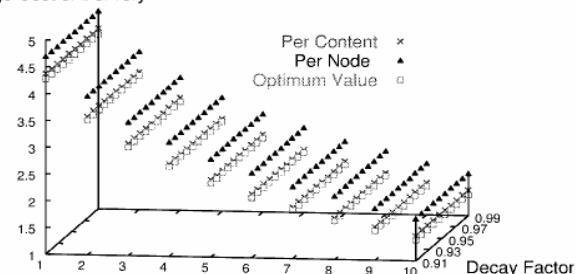


図1 配送コスト比較

2.2 リンク先情報の管理に基づいたコンテンツ検索方式

移動するコンテンツを P2P システムとしてとらえ、ノードが自律的に管理することにより、検索コストを低減する新しい方式(NISHA)を開発した。具体的には P2P ノード上に構築されたオーバーレイネットワークにおいてリンクで結ばれた近隣ピアの保持するコンテンツ情報を収集することで、比較的低コストで構築可能な分散検索グラフ

構造を開発した。本グラフ構造は、単に近隣ピアの情報を保持するだけの既存アルゴリズムに対して、検索可能コンテンツに対する探索トラフィックの少なさをできる限り維持したまま、検索可能コンテンツを増して検索成功率を向上させること、また、各ピアが保持しなければならない検索インデックスの情報量を大幅に低減することを目的としている。

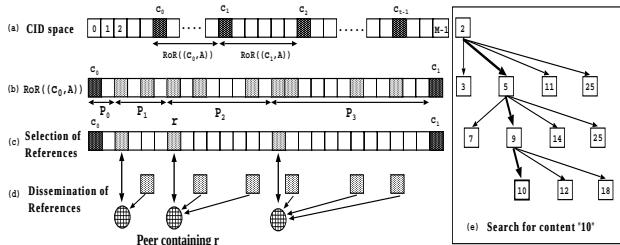


図2 NISHAにおけるID管理方式

本方式では、コンテンツ配置がアクセス頻度等を考慮してピアに割り振られていることを念頭に、コンテンツ単位で、当該コンテンツのコンテンツID空間(CID space)内での検索担当区域を定め、これをRoRと称する(図2(a))。各RoRにおいて保持する情報を、空間の大きさに対してlogオーダーに止めることにした(図2(b),(c))。当該コンテンツにおいて不必要な区域内の他のコンテンツの情報は、保持することにしたコンテンツに対して転送(図2(d))し、再帰的な転送の後に当該情報が保持されることを担保したアルゴリズムとした。これにより、検索の成功率は近隣に含まれるコンテンツ全体を必ず含み、かつ、それを上回るコンテンツを検索可能としながら、検索グラフの構築や検索クエリのトラフィックは抑えられた。

2.3 ストリームコンテンツの流通方式

筆者等はインターネット上でストリームコンテンツ伝送時のパケット損失により特性劣化を防ぐため、途中のルータで誤り再送中継を行うことでパケット損失を回復する方式を提案し、QMLS(QoS Multicast)方式と呼んでいる。しかしQMLS方式では全ルータで中継を行うのは、ルータ負荷が大きくなり好ましくない。そこで各ルータが自律的にパケット中継を行うことにより、必要な最低限のルータだけがパケット中継機能を持つ(これを活性化とよぶ)方式を提案してその特性を実験的に検証した。具体的方式は次の通りである。

- (1)受信側機器及び活性化されたルータはパケット損失を検出すると上流にNack信号を送る。また活性化されたルータ及び送信機器はNack信号を受けると、対応するパケットを再送する。
- (2)Nack信号をしきい値N1以上受けたら、下流ルータに活性化信号を送る。

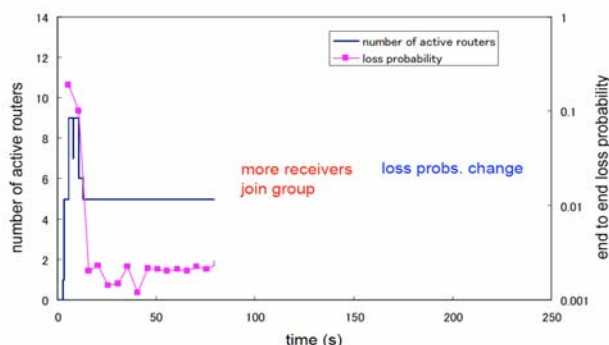


図3 ルータ活性化

- (3)Nack信号をしきい値N2以上発出したら、上流に活性化信号を送る。
 - (4)一定時間以上Nackを送受しない活性化ルータは自分を非活性化する。
 - (5)活性化信号を受けた非活性化状態にあるルータは自分を活性化する。
- 本方式での合計パケット損失と活性化ルータ数の変化の様子を図3に示す。

2.4 主観品質を基にした映像伝達方式

従来の映像符号化では、符号化時に指定するパラメータとしてビットレートが一般的に用いられていた。しかし、ユーザの課金状態に応じて動画の品質を制御したい場合などは、ビットレートが一定であることよりも、符号化した映像を実際に人間が見たときに知覚される主観品質(MOS: Mean Opinion Score)が一定であることが望ましい。このようなニーズに対して申請者等は任意のMOSを実現する符号化器の制御法を開発した。この方式はノードでのトラスコードに適用できる。

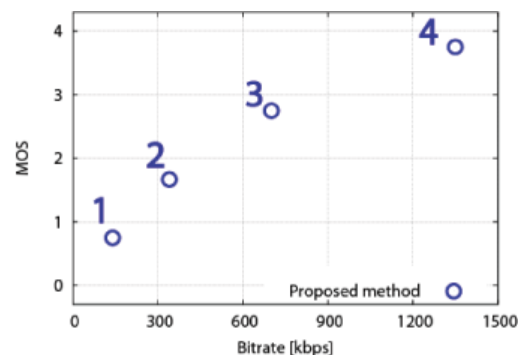


図4 設計品質と実際の品質

3. むすび

開発した各種方式を試作した情報流通プラットフォームを作成して、有効性を確かめる予定である。既にNISHAはプラットフォーム上での実験を学会で公開した。

【誌上発表リスト】

- [1]Yuthapong Somchit, Aki Kobayashi, Katsunori Yamaoka, Sakai Yoshinori, "Dynamic Activating and Deactivating Loss Recovery Router for Live Streaming Multicast", IEICE Transactions on Communications, No.J E89-B(Accepted)
- [2]宮田高道、溝口祐介、吉田俊之、酒井善則、"動きの特徴量に基づく動画の適応的フレーム間隔制御"、Vol. J88A, No. 1, pp. 23-38 (2005)
- [3]Kentaro Ogawa, Aki Kobayashi, Katsunori Yamaoka, Yoshinori Sakai, "Design of the Multi-channel Communication System for the MPEG Video Data Streams Using Adaptive QoS Control", Proc. of IEEE ICC 2003, GN2-2, CDROM(2003.5)

【申請特許リスト】

- [1]佐藤敬、山岡克式、上原哲太郎、"動画電子透かし埋込抽出装置及び方法"、日本、2005. 3. 29

【受賞リスト】

- [1]安川健太(共著者 山岡克式) 17年度テレコム技術学生賞:「Dynamic Class Assignment for Stream Flows Considering Characteristics of Non-stream Flow Classes」
- [2]高砂 幸代、小林 亜樹、山岡 克式、酒井 善則、曾根原 登、DEWS 優秀論文賞 2006、: Webサーバ間での部分Webグラフ同期方式の提案