

リアルタイムストリーミングにおける トランスコーディング機構の設計と実装

久松 剛[†] 三島和宏[†] 朝枝 仁[†] 中村 修[‡]

慶應義塾大学 政策・メディア研究科[†] 慶應義塾大学 環境情報学部[‡]

高品質映像を用いたリアルタイムコミュニケーションが普及している。従来、こうしたコミュニケーションでは一つのサービスについて一つのアプリケーションやフォーマットが決定され、利用されてきた。その一方で通信基盤や受信端末の多様化が進んでいる。そのため、各受信者の環境に応じたサービス適応が求められる。本研究では特に時間軸の制限が厳格なリアルタイムストリーミングを対象に、フォーマット変換を行うトランスコーディングノードを開発し、受信者の環境に応じたストリーミング配信システムの構築を行う。本研究の実現により、受信者適応型通信環境の実現に繋がる。

Design and Implementation of Transcoding system for Real-time streaming

Tsuyoshi Hisamatsu[†] Kazuhiro Mishima[†] Hitoshi Asaeda[†] Osamu Nakamura[‡]

[†] Graduate School of Media and Governance, Keio University

[‡] Faculty of Environment and Information, Keio University

Communication with high quality digital media content has been deployed on the Internet step by step. In general, such digital content requires the use of one defined application or encoding format. On the other hand, a wide variety of communication infrastructures and devices for content receivers gives the difficulties to fit the demand. According to this consideration, we designed and implemented a transcoding system that relays real-time media streaming. This study will provide an achievement of receiver-based adaptive communication environments.

1 背景

近年、Skype[1]のような映像・音声を用いたコミュニケーションや、BBTV[2]、acTVila[3]といったインターネット上の放送サービスが普及しつつある。これまで、こうしたアプリケーションやサービスの多くは、MPEG2[4]やH.264[5]などが単一フォーマット、あるいは単一のビットレートで利用されてきた。これはサービスやアプリケーションに対し、利用されるコンテンツフォーマットが決定されてきたと言える。

一方で光ファイバ、CATV、無線、携帯電話網などのように通信基盤の多様化が進んでいる。特に無線ネットワークは、WiMAX[6]のような広域をカバー

エリアとする広帯域無線技術の登場など、高性能デスクトップだけでなく、モバイル端末や携帯電話のようにサービスの対象となる計算機環境の多様化が起きている。

2 問題点

ネットワークや受信者利用端末の多様化に対し、従来型の確定された単一のコンテンツフォーマットによるサービスでは対応できない受信者が増加してきた。対応できない理由として、コンテンツ提供者から受信者までのネットワークが想定する消費可能帯域を下回る、あるいは伝送遅延時間の揺らぎが大きいことなどが挙げられる。その結果、安定したコンテンツ提供ができない受信者が存在する。

その反面、光ファイバの一般化により、ネットワーク能力に余裕のある受信者も増加している。このような受信者の場合、品質やリアルタイム性の観点か

^{††}Keio University Shonan Fujisawa Campus
5322, Endo, Fujisawa, Kanagawa 252, Japan
E-Mail: {ringo, three, asaeda, osamu}@sfc.wide.ad.jp

ら高品質なコンテンツフォーマットでサービス提供されることが望まれる。そのため、計算機資源やネットワーク環境の弱い受信者を想定したコンテンツフォーマットを、余裕のある受信者に提供することは、適切なサービスとは呼べなくなっている。

これらより、受信者の環境を考慮したサービス適応型通信が必要とされている。

3 既存研究

本章では、受信者適応型リアルタイムストリーミングの既存研究について述べる。

3.1 レイヤードエンコーディング

レイヤードエンコーディングの概念図を図1に示す。レイヤードエンコーディングはビデオデータを複数のレイヤーに分割し、基本レイヤーを元に拡張レイヤを追加することで品質の向上を実現する方式である。代表的なものにMDC (Multiple Discription Coding)[8]がある。MDCは入力信号を複数のビットストリームに符号化し、それぞれを独立したチャンネルとして取り扱うことができる。これにより、ユーザは環境に応じて任意の必要なデータを追加することで品質の調整を行うことができる。

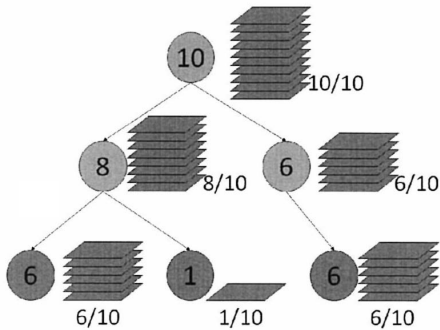


図1: レイヤードエンコーディング

レイヤードエンコーディングを用いた配信例として、レイヤードマルチキャスト[7]を図2に示す。送信者は最大品質でコンテンツを送信する。送信の際、レイヤー毎にマルチキャストチャンネルを割り当て、マルチキャスト送信を行う。受信者は基本レイヤを配信するチャンネルに参加し、計算機・ネットワーク環境に応じて拡張レイヤを配信するチャンネルに参加し、受信を行う。これにより受信者に適応したストリーミング配信環境が構築される。

レイヤードエンコーディングでは、受信者環境に合わせた柔軟なサービス展開ができる一方で、オリジナルコンテンツをレイヤードエンコードしなければならないという問題がある。そのためコンテンツ送信者の負荷が大きい。

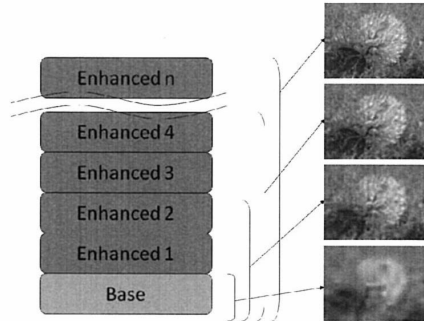


図2: レイヤードマルチキャスト

3.2 フレーム間引き

フレーム内圧縮を用いるコンテンツフォーマットでは、任意のフレームを落とすことで転送レートを下げることができる。前後のフレームを元に一度デコードを行い、データを削減した後に再度エンコードしなければならないフレーム間圧縮と異なり、要求される計算機能力が少なく済むという利点がある。例としてフレーム内圧縮であるDVフォーマットを用いたDVTS (Digital Video Transport System)[9]を元にした実装がある。

しかしこの方式は現在主流であるMPEG4やH.264に見られるフレーム間圧縮フォーマットに適用することが出来ない。また、一定以上フレームを削減すると動画のフレームレートが下がりがすぎってしまうという問題がある。DVTSを元にした実装の場合、フルレート(30fps)では音声込みで約32Mbpsを発生するが、ハーフレート(15fps)では約17Mbpsを発生する。これ以上転送レートを下げる場合、15fps以下になってしまうため動画としての品質が低下する。そのため、サービス適応型配信として対応の幅が限られてしまう。

3.3 トランスコーディング

配信されるコンテンツフォーマットやビットレートそのものに変更を加える手法として、トランスコーディングがある。現在用いられている主要コーデックについて図3に示す。このようにコーデックを変

化させることで、様々な帯域幅に対応することができるため、幅広い受信者環境に適用することができる。これは本研究の目的に合致するため、トランスコーディングを中心とした機構構築を行う。

しかし、特にフレーム間圧縮では第3.2節にて述べたように一度デコードをし、データを削減した後再度エンコードしなければならないため、計算機能力が多く求められる他、コンテンツ送信者から受信者までの配信遅延時間が大きくなるという問題点がある。

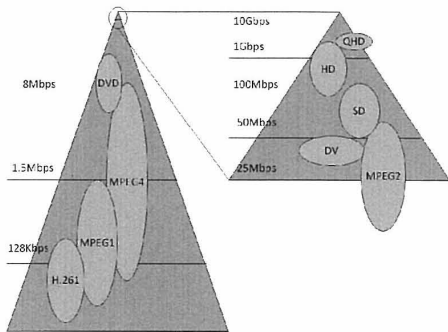


図 3: 主要コーデックとその消費帯域

4 設計

本章では、第3章において述べたトランスコーディングを用いた機構設計について述べる。

本機構の設計概要を図4に示す。本機構は中間ノードとしてコンテンツ提供者と受信者の間に介在する。本研究では特にリアルタイムストリーミングを対象としたシステム構築を行うため、RTP/RTCP[11]の利用を想定する。RTP/RTCPはパケットに時間やシーケンス番号を格納したRTPヘッダを加えることを規定することで、リアルタイムストリーミングにおいてパケットの到達順序を確保できる手法である。

トランスコーダー利用時にRTP/RTCPの挙動について規定したものとして、RTP Topology[10]がある。RTP Topologyでは、メディアそのものを変更するトランスコーディングが発生した場合、RTCP RR (Receiver Report)の再計算がトランスコーダー、もしくはコンテンツ送信者において必要であるとされている。本研究では第3.3節で述べたように送信者の計算機・ネットワーク資源への負荷を低減できる中間ノードの利点を生かすため、RTP/RTCP再構成モジュールにてRTCP RRの再計算を行う。

トランスコーディングエンジンにてメディア変換がなされ、RTP/RTCP再構成モジュールにて再計算されたストリーミングデータは、再びコンテンツ送信モジュールにてRTPヘッダが付与され、受信者に送信される。

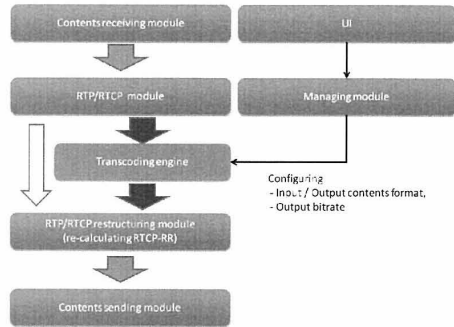


図 4: 設計概要図

5 実装

本章では第4章において述べたトランスコーディングノードの設計を元に行った実装について述べる。本研究の実装環境を表1に示す。

本研究ではトランスコーディングメディアとして、特にIPTVなどで主流のフォーマットであるMPEG2からH.264への変更を対象とした。また、トランスコーディングエンジンにはプロトタイプ実装としてヒューマンモニタリング社の動画圧縮処理製品であるMattisse PC AVC RT Video Encoder SDK[12]を用いた。

表 1: cbrmaker 開発環境

OS	debian GNU Linux 2.6.18	
開発言語	C 言語	
開発環境	gcc4.1.2	
開発機材	CPU	Intel Pentium4 3.0GHz
	Memory	1GB
	Ethernet	1000Base-T

6 まとめと今後の課題

本研究ではビデオ会議やIPTVなどのリアルタイムコミュニケーションの普及に対し、受信者の計算機環境やネットワーク環境の多様化が進み、サービス適応型通信の導入が必要であることに着目した。

既存の受信者環境の差異に着目したコンテンツ配信手法について分析を行った。コンテンツ配信者の計算機・ネットワーク資源への影響が小さく、また転送レートだけではなく、コンテンツフォーマットそのものを変更することで多様な受信者環境に対応することのできるトランスコーディングノードによる問題解決を選択した。

中間ノードとしてのトランスコーディング機構について設計を行い、Matisse PC AVC RT Video Encoder SDK をトランスコーディングエンジンとして利用したプロトタイプモデルノ実装を行った。

今後の課題として、まず本機構の評価が挙げられる。トランスコーディングを経た後のストリーミングレートに対する安定性の評価、スケーラビリティについての評価を予定している。

また今後の展望として、受信者管理技術についての取り組みが挙げられる。本研究では手動による宛先設定を行っているが、今後は特に複数受信者を対象とした動的な宛先設定が必要になってくると考える。ノード選択技術を用いたコンテンツ配信概要図を図5に示す。トランスコーディングノードの選択基準として以下のようなものがある。

- 配信されているコンテンツフォーマット
- 配信されているコンテンツビットレート
- トランスコーディングノードのサービス提供能力
- 受信者環境からトランスコーディングノードまでのネットワーク有効帯域幅
- 受信者環境からトランスコーディングノードまでのネットワーク伝送遅延時間とその揺らぎ

こうした複数の条件を総合した上で、受信者にサービスを提供するトランスコーダーを選択する必要がある。このようなアプローチをする上で、シミュレータを用いた各基準の優先順位とその効果を検証する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、情報通信研究機構 (NICT) の委託研究「ダイナミックネットワーク技術の研究開発」の助成を受けて実施したものである。

また、本実装はヒューマンモニタリング社、ライトスピード社より高速・高画質動画圧縮画像処理製品群の提供を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] Skype - Skype Web Page, URL:<http://www.skype.com>

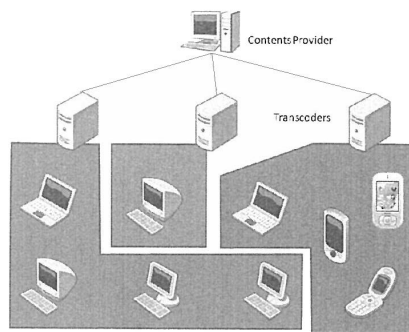


図 5: ノード選択技術を用いた配信

- [2] ブロードバンドケーブル TV BBTB - BBTB Web Page, URL:<http://www.bbtv.com>
- [3] acTVila - acTVila Web Page, URL:<http://actvila.jp/>
- [4] MPEG-2 Generic coding of moving pictures and associated audio information - MPEG2 Web Page, <http://mpeg.telecomitalia.com/standards/mpeg-2/mpeg-2.htm>
- [5] chafer R., Wiegand T., Schwarz T., "The emerging h.264/avc standard", Technical report, Heinrich Hertz Institute, Berlin, Germany., 2003
- [6] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1", URL: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/10676/33683/01603394.pdf>, Feb, 2006
- [7] S.McCanne, V.Jacobson and M.Vetterli, "Receiver-driven Layered Multicast", ACM SIGCOMM, Aug, 1996
- [8] Mengyao Ma, Oscar C. Au, and S.-H. Garry Chan, "Multiple-description coding for error-resilient video transmission", volume 4, pages 1426-1431, Oct, 2005.
- [9] A. Ogawa, K. Koyabashi, K. Sugiura, O. Nakamura, and J. Murai, "Design and Implementation of DV based video over RTP", Proc. IEEE Packet Video Workshop 2000, May. 2000, Cagliari, Italy.
- [10] M.Westerlund and S.Wenger, "RTP Topologies", RFC5117, 2008
- [11] H.Schulzrinne S.Casner R.Frederick V.jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC3550, 2003
- [12] Human Monitoring's Matisse PC AVC RT Video Encoder - Human Monitoring Web Page, URL:<http://www.human-monitoring.com/matisse.html>