

レート変更を行う DVTS スプリッタの設計と実装

峯木 巖[†] 松園 和久[‡] 朝枝 仁[‡] 中村 修[†]
慶應義塾大学 環境情報学部[†] 慶應義塾大学大学院 政策・メディア科[‡]

要約: 近年, ブロードバンドの進展に伴い, インターネットを通じた一対多通信である放送型コンテンツ配信が急速に普及している. また, これに伴い, 高品質・大容量な配信の需要が高まっている. しかし, 複数クライアントのネットワーク状況に適した配信を行うシステムは少ない. 既存の手法として, 1) 最も状況の悪いクライアントに合わせる, 2) 複数の解像度でストリーミングを配信することがあげられる. しかし, 前者ではネットワーク資源が十分なクライアントも低品質で受信しなければならない, 後者ではステート情報の管理が複雑化する問題がある. 本研究では, 高品質映像メディアを用いたコミュニケーションツールの代表例として DVTS を使用する. 複数クライアントの状況に適したストリーミングを行うための配信方法として, 送受信ノード間にレートコントロールを行う中継ノードを開発し実験した. 本手法を適用することにより, 各クライアントは使用しているネットワーク状況に適したストリーミング配信を受けることが可能となる.

Designing and Implementation of Bandwidth Adjustable DVTS Splitter

Gen Mineki[†], Kazuhisa Matsuzono[‡], Hitoshi Asaeda[‡], Osamu Nakamura[†]

[†]Faculty of Environmental Information, Keio University

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

Abstract : With the growth of broadband network infrastructures, one-to-many broadcast content delivery over the Internet has been popular rapidly, and demand of high quality and wide bandwidth content streaming has been increasing. In this situation, it is desired that a streaming system that adjusts transmission rate to all receivers in various network conditions. However, adjusting streaming quality to a receiver in the worst condition is not the solution for other receivers. Using layered encoding is neither the solution since it gives various complexities especially when a large number of receivers receive the same content. In this study, we developed a DVTS relay system that provides a rate control function. By using this implementation, receivers simultaneously receiving the same content in various communication environments can receive DV content at the appropriate quality level.

1 背景

通信インフラとしてのインターネット利用の急速な拡大とブロードバンドの進展に伴い, インターネットを通じた一対多通信である放送型コンテンツ配信が急速に普及している. また, コンテツ品質への要求は利用用途に応じて存在し, 高品質・大容量な配信への需要が高まっている.

しかし, クライアントの多くが一般利用者である配信用途を想定した場合, 利用可能な計算機資源やネットワーク帯域資源はクライアント毎に異なる. 近年, ネットワークインフラの高度化及び多様化が進んでいるため, クライアントの属する環境差異は拡大している. 送信者からインターネット上に分散しているクライアントまでのネットワークインフラは, 光ファイバー, DSL, CATV, 無線など多様で, それぞれ異なる特性を有する. そのため, 複数のクライア

ントに応じた高品質・大容量のリアルタイム性のある適応配信を行うことは困難である.

1.2 本研究の目的

本研究の目的は, 多数のクライアントに対し, 各々のネットワーク状況に応じた適応配信を確立することである. 各クライアントに適した通信を行うことで, ネットワーク資源を有効活用し, クライアントに映像・音声の乱れがない最適な品質を提供する.

本研究では高品質映像メディアを用いたコミュニケーションツールとして DVTS(Digital Video Transport System) [1]を使用する.

1.3 DVTS

DVTS は市販の DV カメラと PC を用いて低コストで

利用可能である。IEEE1394 インターフェースから DV フォーマットのデータを取得し、次に IP データグラム化を行い、インターネットを介してリアルタイム映像・音声伝送を行う。通信方式として、輻輳制御・再送処理による意図しないスループットの低下、及び遅延増加を防ぐため、UDP[2]を用いる。また、パケット到達性が保証されていない UDP で到達順序を把握するために RTP/RTCP[3]を用いる。約 30Mbps の帯域を必要とする。

DV フォーマットはフレーム内圧縮方式であり、一部のデータの欠損が複数フレームに渡って連続的に影響を与えることはない。そのため、映像フレームを間引くことで消費帯域の調整をリアルタイムで行うことが可能である。

1.4 DV フォーマット

DV フォーマット[4]のデータ構造を図 1 に示す。

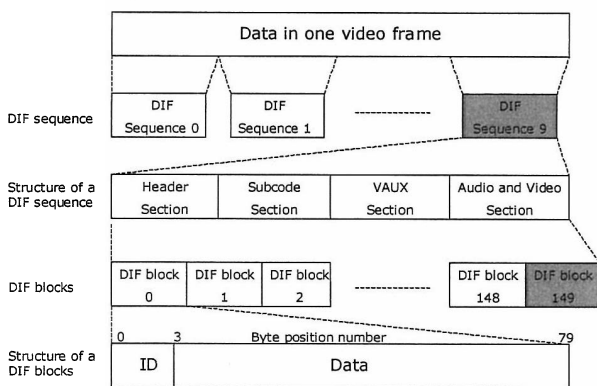


図 1. DV Structure

DV データは 10 個の DIF シーケンスから成る。DIF シーケンス内には“Header”, “Subcode”, “VAUX”, “Audio and Video”の 4 種のセクションが存在する。これらのデータは 80byte ごとに DIF ブロックの形に区切られ IEEE1394 インターフェース上に転送される。

また、DV フォーマットは、フレーム単位で抽象化されたフォーマットなので、全てのデータ(映像、音声、システムデータ)はフレーム単位で扱われる。

2 問題点

本節では第 1.2 節で述べた各クライアントのネットワーク帯域に適した配信を行うという本研究の目的を満たすための既存技術の手法と問題点について以下に述べる。

・各クライアントにユニキャスト配信

各クライアントのネットワーク状況に応じてフレームレートコントロールを行うことで、適応配信が可能である。しかし、送信者の計算機的資源の枯渇、送信者側のネットワークへの負荷の増大、といったスケラビリティの欠如という問題が発生してしまうため効率的な配信とは言えない。

・単一レートで一斉配信

使用できるネットワーク帯域が一番低いクライアントに品質を適応させて配信を行う。もしくは、一定のキャパシティオーバーは無視をする手法である。しかし、前者はネットワーク帯域が十分なクライアントへも低いフレームレートで送信することになるため、効率的な配信とは言えない。後者は受信することが不可能となるクライアントが存在するため、同様に効率的な配信とは言えない。

・複数レートで一斉配信

オリジナルのデータを複数の異なるレートのストリームにエンコードし、クライアントがその中の一つを選択して受信する手法である。しかし、クライアントが品質を選択する必要があるため、最適な品質を継続的に配信できない問題が生じる可能性がある。

・階層化マルチキャスト[5][6]

送信者が階層符号化したストリームを配送し、各クライアントが状況に応じて適応制御を行う。クライアントは、各階層に対応するグループに参加・離脱することで、全体のデータ受信量と品質を調節する手法である。この手法では、各クライアントが自立的にレート制御を行うため、高品質な映像を全てのクライアントが要求した場合、通信路の状況によってはレート変更が頻繁に発生する。結果として映像品質が低下する可能性がある。また、通信路がマルチキャスト対応網でない場合は適用できない。

・Dvrelay

送信者とクライアントとの間に DV データの転送を行う Dvrelay[7]を設置し、下流のクライアントの使用可能なネットワーク帯域に応じてフレームレートの変更を行う。しかし、この手法では複数のクライアントへの配信を行うことを想定していないため、レートを変更するクライアントの数だけ Dvrelay を使用する必要がある。そのため、複数クライアントへの配信を目的としている本研究には不向きである。

3 本システム的设计

第 1.2 節で述べた本研究の目的を満たすべく、本システムではクライアント毎に適応配信を行うためのフレームワークを構築する。

本システムの概要を図 2 で示す。本システムでは、送受信ノード間に中継ノード設置し、サーバから配信される DV データを各クライアントに応じてフレームレートコントロールを行い、ユニキャストで再配信を行う。

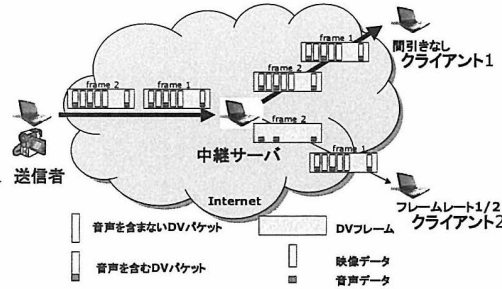


図 2. システム概要

3.1 動作の概要

本システムの流れを以下に示す。

1. 受信

サーバから送信されてきた DV データを中継ノードが受信する。

2. フレームレートコントロール

受信した DV データを必要に応じてフレームレートコントロールを行う

3. 再送信

中継ノードが各クライアントに DV データを再配信する。

次に中継ノードのレートコントロール手法について述べる。

3.2 フレームの終端の検知

第 1.3 節で述べた通り、DV データは 10 個の DIF Sequence から成る。検知する DIF block を図 3 で示す。

中継ノードはサーバから受信した DV データの DIF Sequence 及び DIF block を認識することで DV データの終端検知を行う。

また、何らかの偶発的要素により、DV データ中の DIF Sequence, DIF block のデータを認識できなかった場合は、DIF Sequence の値の比較を行ってフレームの終端検知する。

また、このとき検知したフレームの終端数をカウントすることで、後述するレートコントロールに利用

する。

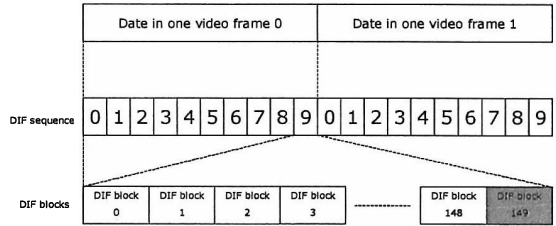


図 3. DIF block の検知

3.4 フレームレートコントロール

前項で先述したフレームの終端検知を行った際に求めたフレーム数を利用し、フレームレートコントロールを行う。フレームレートコントロールの手法を図 4 にて示す。

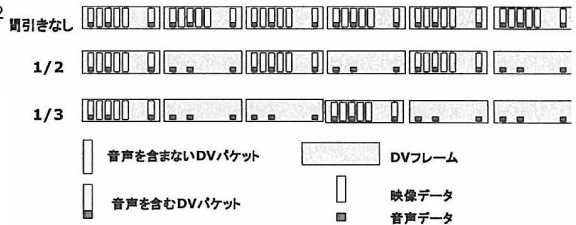


図 4. フレームレートコントロール

図 4 の通り、フレームレートコントロールを行う場合は、単に DV フレーム全体を破棄するのではなく、間引かれたフレーム部の音声データのみ送信し、映像データは破棄する。

このとき、間引くフレームはフレーム数/間引き率の計算を行い、余りが生じた場合のみ間引くものとする。

4 実装

本システムは既存の DVTS を基に実装を行った。本章では必要機能の実装について述べる。

本システムの実装に用いた環境を、表 1 に示す。

CPU/Memory	Intel Core Duo 1.66GHz /512MB Memory
OS	Linux Debian 4.0r1
kernel	Linux-2.6.18-6-686
使用言語	C

表 1. 実装環境

4.1 フレームの終端の検知

本機構では、まず、受信した DV データから DIF Sequence の値と DIF block の値を取得する。取得したデータより 10 番目の DIF Sequence 中の 150 番目の DIF block の値である "134" であることを確認することで frame の終端を検知する。また、パケットロス等の偶発的要素が発生し、フレームの終端である "134" の値を持った DIF block を検知できなかった場合が考えられる。この場合は DIF Sequence の値を前の値と比較し、DIF Sequence の値が小さくなった時をフレームの終端とし、カウントを行う。

4.2 フレームレートコントロール

本機構は、第 3.3 節で述べた機能要件を実装したものである。図 5 で関連するソースコードを示す。

```
(略)
if (dest_list_obj->frame_drop > 1 &&
    (frame % dest_list_obj->frame_drop) != 0) {
    audio_flag = 1;
} else {
    if ((m=sendto(dest_list_obj->soc,
                 (char *)&recvbuf, n,
                 0,
                 (struct sockaddr *)&dest_list_obj->s_addr,
                 sizeof(dest_list_obj->s_addr))) < 0) {

        perror("sendto");
        return;
    }
}
(略)

if(audio_flag == 1){
    _add_dvdif_to_outbuf(dvrecv_param, difblock);
}
(略)
```

図 5. レートコントロール

本機構では、先述したフレームの終端検知で求めたフレーム数を利用する。レートコントロールを行う際には "frame_drop" という関数を用いる。まず、"frame_drop" を手動で設定する。次に、"フレーム数/frame_drop" の余り値が存在するときに限りフレームを間引く。また、中継ノードが受信した DV データは IEEE1394 へ送られる時に "header", "subcode", "vaux", "audio", "video" の 5 つに分けられる。この際、"_add_dvdif_to_outbuf()" にて、音声データのみをクライアントに送信し、それ以外の DV データは破棄する。

5 評価

本章では、第 3 章で示したシステム設計に基づき、評価を行う。

5.1 評価方法

一対多通信において、複数クライアントでパケットロス率の計測を行う。このとき、中継ノードと任意のクライアントの間に dummynet[8]を用い、利用可能帯域を制限することで擬似的に帯域幅が十分でないネットワーク環境を再現する。

5.2 評価

・定量評価: フレームの間引き率とパケットロス

ネットワーク帯域幅を DVTS が使用する帯域幅より大きい 35Mbit/s とパケットロスが発生する 25Mbit/s に設定し、フレームレートを変更しない状態とフレームレートを半分にした状態とで、それぞれ 10 分間ストリーミング配信を行い、パケットロス率を求めた。結果を表 2 に示す

レート \ 帯域幅	35Mbit/s	25Mbit/s
1	0.28%	20.36%
1/2	0%	0.22%

表 2

表 2 からフレームレートの変更を行うことによってパケットロスの発生確率がほぼ 0% になっていることが確認できる。これによりネットワーク環境に応じてフレームレートコントロールを行うことで、音声・映像に乱れを発生させずにストリーミング配信を行うことができた。

6 まとめ

本研究では、ネットワーク環境の違うクライアントに映像・音声配信を行うための手法として、送受信ノード間に中継ノードを設置するという手法を提案し、フレームワークを構築した。また、評価用のアプリケーションとして映像・音声配信機構である DVTS に対して本機構を実装し、その動作について評価を行った。実験により、各クライアントはフレームコントロールによりパケットロスを生じさせることなく配信を受けることができることを確認できた。

本研究により異なるネットワーク環境に存在するクライアントに対し音声・映像の乱れを抑えた配信を受けることが可能となった。

6.1 今後の課題

本論文では、Linux 版 DVTS に対して、必要な機能を実装することにより提案した手法を実現した。本手法はフレームレートをあらかじめ設定しておくことにより実現する。そのため、各クライアントの状況を認識し、動的なフレームレートコントロールを本手法に適用することが今後の課題として挙げられる。また、クライアント数に応じて、スプリッタの性能により再配信できない場合がある。そのため、各スプリッタ同士が協調し、クライアント数に応じて負荷分散を効率的に行う必要がある。このとき、様々な RTP ストリーミング形態の仕様書として書かれた RTP Topology[9]に合わせて検証と考察を行う予定である。

7 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。

8 参考文献

- [1] Akimichi Ogawa, Katsushi Kobayashi, Kazunori Sugiura, Osamu Nakamura, and Jun Murai, Design and Implementation of DV based video over RTP, May 2000, Packet Video Workshop 2000
- [2] J. Postel (ed.), "User Datagram Protocol". IETF RFC 768, August 1980.
- [3] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-time Applications," IETF RFC 3550, July 2003,
- [4] IEC 61834. Recording — Helical-scan digital video cassette recording system using 6,35 mm magnetic tape for consumer use (525-60, 625-50, 1125-60 and 1125-50 systems) —, August 1998.
- [5] 小口敦司, 池上大介, 中里秀則, 富永英義, 独立複数ツリー型分散 ALM ストリーミングシステムの手案, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.106, no.492, NS2006-157, pp. 35-40, Jan. 2007
- [6] S.McCanne, V.Jacobson, and M. Vetteri, "Receiver-driven Layered Multicast", Proc. ACM SIGCOMM'96, Aug 1996
- [7] Yasuo Tsuchimoto, Mohammad Abdul Awal, Poompat Saengudomlert, Teerapat Sanguankotchakorn, and Kanchana Kanchanasut, Bandwidth Adjustable DVTS on the Heterogeneous Internet Environments for Distance Learning, Proceedings of the 2007 International Symposium on Applications and the Internet Workshops, 2007
- [8] L. Rizzo, dummynet, <http://info.iet.unipi.it/?luigi/ipdummynet/>
- [9] M. Westerlund Ericsson, S. Wenger Nokia, "RTP Topologies", IETF RFC 5117, January 2008,