M-043

ライブビデオ配信における利用者の通信環境を考慮した P2P オーバレイネットワークの提案

P2P Overlay Network for Live Video Streaming System considering User's Communication Environment

河野 康裕† 橋本 浩二† 柴田 義孝†
Yasuhiro Kawano Koji Hashimoto Yoshitaka Shibata

1. はじめに

近年,コンピュータの処理能力向上と音声や動画圧縮技術の進歩により安価なパーソナルコンピュータでも複数のリアルタイムメディアを処理することが可能となった.また,xDSL や FTTH などのブロードバンドネットワークサービスの普及に伴い,インターネット回線の帯域幅も増加しており,一般利用者による高品質な映像による通信も実現可能となってきた[1].

しかしながら,利用出来る帯域幅が異なるので,すべての利用者が高品質な映像による通信を利用できる訳ではない.例えば高品質な映像によるライブビデオストリーミング通信セッションに,十分な計算機資源やネットワーク帯域幅を確保出来ない利用者が参加することも十分に想定される.そこで,適切なフォーマットによるビデオ配信を実現するための仕組みが必要とされる.

本稿では,利用者の通信環境に応じて中継 Node を配置し,適切なフォーマットによる配信を可能とするライブビデオ配信システムを実現するための P2P オーバレイネットワークを提案し,簡単な実験を行ったので報告する.

2. システム概要

図 1 に示すように,本研究では IP ネットワーク上のライブビデオ配信において、ビデオを送受信する利用者による P2P 型のネットワークを構築する.

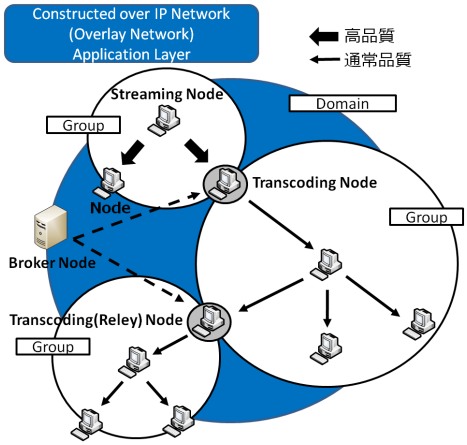

図 1. システム構成

図 1 における,ライブビデオ配信システムを構成する要素について以下に示す.

●Domain：ライブビデオ配信システムにおける Node 群の管理範囲である.

●Group：配信フォーマットで区分された Node 群であり,複数の Group により Domain を構成する.

●Node：Domain に参加する利用者端末を Node と呼ぶ.Node はビデオストリームの受信および送信の機能を持ち,新たに Domain に参加する Node は既存の Node からストリームの中継を受ける.また,Node はビデオストリームのトランスコーディング機能を持ち,必要に応じてトランスコーディングを行う.

●Broker Node：Broker Node は Node 間の接続と Domain の管理を行う. Broker Node は Node のストリーム要求を受け取り,配信経路を確立する際に,配信に必要な余剰リソースを持つ Node を適切な中継 Node として利用する.Node を評価するためのリソース値として,スループットを考慮する.各 Node は Broker Node からのスループット計測指示を受けて計測を行う.Broker Node は各 Node の計測値を取得し,ビデオストリームの配信に必要となる帯域幅と比較し,ビデオストリームの配信が可能であると判断された Node を中継 Node に決定する.また,選択された Node に対して適切なフォーマットによる配信を指示する.

2.1. システムアーキテクチャ

図 2 に示すように,本システムでは既存のストリーミングシステムに対して,既存のシステムで用意されていない Domain と Group による P2P オーバレイネットワークを構築する機能や QoS 機能を付与することにより,P2P によるビデオ配信を実現する.

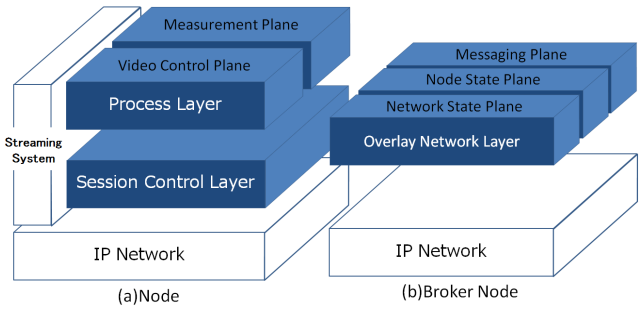

図 2. システムアーキテクチャ

図 2(a)において,Session Control Plane では他の Node および Broker Node との通信を行う.Measurement Plane では Broker Node からのスループット計測要求を受け,Node 間のスループットを計測し Broker Node へ結果を通知する.Video Control Plane では,ストリーミングメディアプレーヤに対してビデオストリームの送受信やトランスコーディング処理,配信フォーマット設定の操作を行う.

† 岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科
Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

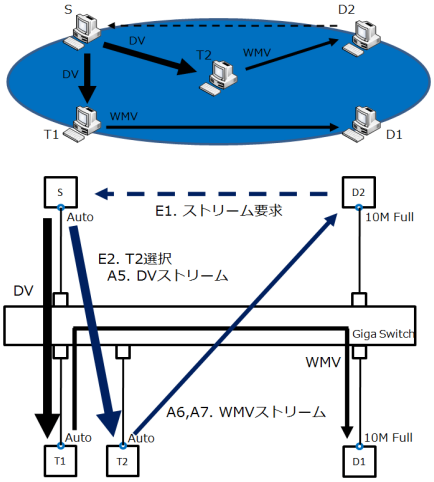

図3. 実験環境

表1: Nodeの資源利用量

Node		初期状態	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S	CPU利用率	24%	48%	24%	55%	24%	34%	34%	34%
	ビデオストリーム	29Mbps	12Mbps	29Mbps	29Mbps	29Mbps	58Mbps	58Mbps	58Mbps
	スループット計測値	0Mbps	9.66Mbps	0Mbps	34.5Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps
T1	CPU利用率	19%	12%	48%	21%	21%	21%	21%	21%
	ビデオストリーム	32.6Mbps	13.8Mbps	32.6Mbps	32.6Mbps	32.6Mbps	32.6Mbps	32.6Mbps	32.6Mbps
	スループット計測値	0Mbps	0Mbps	4.94Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps
T2	CPU利用率	0%	0%	0%	0%	42%	0%	21%	21%
	ビデオストリーム	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	32.6Mbps	32.6Mbps
	スループット計測値	0Mbps	0Mbps	0Mbps	34.3Mbps	5.02Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps
D1	CPU利用率	24%Mbps	48%Mbps	24Mbps	55Mbps	24Mbps	34Mbps	34Mbps	34Mbps
	ビデオストリーム	29Mbps	12Mbps	29Mbps	29Mbps	29Mbps	58Mbps	58Mbps	58Mbps
	スループット計測値	0Mbps	9.66Mbps	0Mbps	34.5Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps
D2	CPU利用率	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
	ビデオストリーム	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps	0%	3.6Mbps
	スループット計測値	0Mbps	9.37Mbps	5.01Mbps	0Mbps	4.93Mbps	0Mbps	0Mbps	0Mbps

表2. ハードウェア構成

		CPU	RAM	NIC
Node S,D1,D2	Lenovo ThinkPad X61	Core2 Duo 2.00GHz	1.0GB	Intel 82566MM Gigabit Network Connection
Node T1,T2	Dell Precision M90	Core2 Duo 2.33GHz	4.0GB	Broadcom NetXtreme 57xx Gigabit Controller

図 2(b)において,Messaging Plane では Node との通信を行う.Node State Plane では,Node からの計測されたスループットの取得および評価を行い配信フォーマットの選択・決定を行う.Network State Plane では Broker Node が属する Domain 情報の把握や管理を行う.

3. 通信環境を考慮したライブビデオ配信実験

提案システムにおける中継 Node 選択機能の有効性を確認するために簡単なプロトタイプシステムを実装し,実験環境を用意した.その実験環境を図 3 に示す.

今回行った実験では,1 台の Gigabit Switching Hub に 3 台の利用者端末(S,D1,D2)と 2 台の中継 Node(T1,T2)を接続した環境を用意した.また,利用者端末(D1,D2)に対して狭帯域な環境とするために,ネットワークアダプタの設定で使用可能な帯域幅を 10Mbps(全二重)とした.また,ライブストリーミングシステムとして MidField System[2]を利用し,ビデオフォーマットは DV(720x480[pixel]) および WMV(360x240[pixel])の 2 種類を用いた.

(1) 中継 Node 選択実験シナリオ

以下に中継 Node 選択実験のシナリオを示す.シナリオ中の E1,E2 はイベントを示し,A1～A7 はイベント時のアクションを示す.

[初期状態]

- S は T1 へ DV ストリームを送信中.
- T1 は DV ストリームを WMV に変換中.
- D1 は T1 からの WMV ストリームを受信中.

(E1)D2 は S に DV ストリームを要求する.
(A1)S,D2 間のスループット(35Mbps)が計測される.
(A2)T1,D2 間のスループット(5Mbps)が計測される.
(A3)S,T2 間のスループット(35Mbps)が計測される.
(A4)T2,D2 間のスループット(5Mbps)が計測される.
(E2)中継 Node(T2)が選択される.
(A5)S から T2 へ DV ストリームを送信する.
(A6)T2 は DV ストリームを WMV に変換,D2 へ送信する.
(A7)D2 が T2 からの WMV ストリームを受信する.

この実験を通して,スループット計測に基づいた中継 Node(T1,T2)を選択する機能の動作確認を行った.

(2) 実験結果

シナリオに基づき,スループットの計測およびビデオストリーム(DV/WMV)を配信し,シナリオ A1～A7 時点での各 Node の資源利用量を計測した.実験結果として,S と T1,T2 および D1,D2 における CPU 利用率とビデオストリームのスループット,スループット計測値を表 1 に示す.また,各 Node に使用した PC の構成を表 2 に示す.

シナリオ A1～A4 で,スループット計測に伴う中継ノード(T2)の選択を確認し,シナリオ A6～A7 で,D2 が T2 から送信される WMV ストリーム(約 3.6Mbps)を受信したことを確認した.

また,シナリオ A1 時点において,ストリーム配信元である Node S から,ストリームを要求した D2 間でスループット計測が行われた場合,既に送信されている DV ストリームのビットレートが約 29Mbps から約 12Mbps に低下してしまい,ビデオストリームを受信している下流の T1 および D1 に影響を及ぼすことが確認された.

4. まとめと今後の課題

本稿では,利用者の通信環境に応じて中継ノードを配置し,適切なフォーマットによるビデオストリーム配信を実現するために,ビデオストリーム送信前に Node 間のスループットの計測を行い,ビデオストリームの配信が可能であると判断された Node 間で配信経路を選択し,狭帯域に属する利用者へは,中継 Node のトランスコーディング機能を利用することにより適切なフォーマットによる配信を可能とするライブビデオ配信システムを提案した.

実験を通して,スループット計測に基づいて中継 Node を選択し,各 Node 間でストリームの送受信が可能であることを確認した.提案機能をシステムに利用することにより,利用者環境に応じた配信経路の選択および適切なフォーマットでの配信が可能であると考える.一方で,スループット計測時に映像のビットレートが低下するため計測手法を検討する必要があると共に,P2P オーバレイネットワークを構築するプロトコルをまとめて,さらにライブビデオ配信実験を重ねる必要がある.

参考文献

[1]Y.Yokokawa.,Y.Shibata.,K.Hashimoto.,:PLEXCast Peer-to-Peer Flexble Broadcast System, AINA2008, PP399-406,March 2008.
[2]橋本浩二.,柴田義孝.,: 利用者環境を考慮した相互通信のためのミドルウェア, 情報処理学会論文誌 Vol.46 No.2,2005.