

平成 14 年度
学士学位論文

サーバ切り替えによる分散
AV コンテンツ配送方式の
研究

A study on distribution AV contents delivery system
using server switching system

1030232 赤木哉紘

指導教員 島村和典

2002 年 2 月 12 日

高知工科大学 情報システム工学科

要 旨

サーバ切り替えによる分散 AV コンテンツ配送方式の研究

赤木哉紘

近年インターネットでは, アクセス網の広帯域化により他のメディアと比べ大容量である AV コンテンツのアプリケーションが増加してきた. しかしインターネットはベストエフォート型のネットワークであり, AV コンテンツを配送するに当りそれに必要な帯域や遅延といったサービス品質 (Quality of Service:QoS) を End-to-End で保証することができない. そのため長時間に亘り高品質の AV コンテンツを配送するシステムが必要になる.

そこで本論文では複数のサーバを地理的に分散配置し, クライアントからの配送要求を最適なサーバに誘導する CDN(Content Distribution Network) を対象に長時間に亘る品質保証転送方式を検討した. 具体的には, AV コンテンツの配送に必要な帯域が得られない場合, 他の配送可能なサーバからの配送へ切り替え, 長時間高品質な AV コンテンツを配送するサーバ切り替え式配送を研究する.

キーワード サーバ切り替え, CDN(Content Distribution Network), AV コンテンツ配送,
再生品質維持

Abstract

A study on distribution AV contents delivery system using server switching system

AKAGI Toshihiro

The access network of the Internet has broad band capability in recent years. The applications of AV contents have increased. The Internet is the network based on best effort policy. Service quality (Quality of Service:QoS) required for the applications cannot be guaranteed for End-to-End whole path even in case of delivering AV contents. The delivery system which high quality AV reproducing quality contents over a long time is needed. Then, the study of this paper focuses to find out a solution number of servers are distributed geographically, the delivery demand from a client should be guided toward the optimal server. Conventional CDN(Content Distribution Network) cannot assign the sufficient bandwidth required for delivery of AV contents. My proposing system would switch the to delivery path from the server initially assigned to a new server which has the sufficient bandwidth path to the client.

key words Server Switching Sysytem,CDN(Content Distribution Network),AV contents

目次

第 1 章	序論	1
1.1	研究目的	1
1.2	論文概要	1
第 2 章	研究の背景	2
2.1	ネットワークの広帯域化	2
2.1.1	DSL(Digital Subscriber Line)	2
2.1.2	FTTH(Fiber To The Home)	3
2.1.3	AV コンテンツ流通の増加	4
2.2	ネットワーク負荷分散技術	4
2.2.1	CDN(Content Distribution Networks)	4
2.2.2	CDN の構成	5
2.2.3	CDN によるエンドユーザへの AV コンテンツ配送	6
第 3 章	サーバ切り替え方式の提案	7
3.1	エンドユーザへの CDN を利用した AV コンテンツ配送の問題点	7
3.2	サーバ切り替え方式の前提条件	7
3.3	サーバ切り替え方式	8
3.4	サーバ切り替え方式の仕様	8
3.4.1	サーバ切り替えのパラメータ	9
3.4.2	サーバ切り替え判断基準	10
3.4.3	切り替え時の同期制御	12
第 4 章	サーバ切り替え方式の実装	13
4.1	DVTS の拡張	13

目次

4.1.1	DVTS	13
4.1.2	DVTS の拡張	14
	dvrecv の拡張	14
	dvsend の拡張	15
4.2	サーバ切り替え方式に必要な機能追加	15
4.2.1	サーバの切り替え条件	15
4.2.2	切り替え要求の送受信	16
4.2.3	切り替え同期	16
4.3	タイムコード検索	18
4.3.1	タイムコード	18
4.3.2	タイムコード検索方法	18
4.3.3	タイムコード検索プログラム	18
4.3.4	タイムコード検索の高速化	19
4.3.5	遅延を考慮したサーバ切り換えの同期制御	19
第 5 章	予備実験	21
5.1	実験方法	21
5.1.1	実験環境	21
	実験機の仕様	21
	ネットワーク構成	21
5.1.2	実験手順	22
5.1.3	評価基準	22
5.2	実験結果	22
5.3	考察	23
第 6 章	まとめ	25

目次

謝辞	26
参考文献	27
付録 A End-to-End における利用可能帯域の測定法	29
A.1 トラフィック測定法	29
A.2 受動的測定法と能動的測定法	29
A.2.1 受動的測定法 (Passive Measurement)	30
A.2.2 能動的測定法 (Available Bandwidth)	30
A.3 受動的測定と能動的測定を組み合わせた測定法	31
A.3.1 受動的測定と能動的測定を組み合わせた End-to-End の利用可能帯域測定法	31

目次

2.1	CDN の概要	5
3.1	サーバ切り替え方式	8
3.2	サーバ切り替え	10
3.3	利用可能帯域	11
4.1	DVTS の転送方法	14
4.2	切り替え時の情報	16
4.3	同期制御を行わない切り換え	17
4.4	同期管理後	17
4.5	タイムコード検索を考慮した切り換え	20
5.1	実験用ネットワーク	23
5.2	パケットロス率	24
A.1	利用可能帯域測定法	32

表目次

2.1	回線の速度	3
4.1	dvts の機能	13
4.2	タイムコード検索実験 PC スペック	19
5.1	実験機の仕様	22

第 1 章

序論

本章では、まず研究の目的を述べ、本論文の概要を述べる。

1.1 研究目的

現在のインターネットでは、ネットワークの広帯域化が進んでいる。それによって様々な種類の AV コンテンツを配送することが可能になってきた。それに伴い、AV データの品質を保証して配送するための手段の 1 つとして、複数のサーバを地理的に分散配置し、クライアントからの配送要求を最適なサーバへ誘導する機能を備えたインフラ CDN(Content Distribution Networks)[1] が注目されている。

そこで本研究では、CDN を基盤とし、配送中の AV ストリームを、ユーザ-コンテンツサーバで利用しているリンクの帯域状況に応じて、コンテンツサーバを切り替え、AV ストリームの品質を劣化させず利用者に配送するシステムを確立することを目的としている。

1.2 論文概要

本論文では、サーバを地理的に分散配置し、バックボーンやサーバへの負荷を分散する技術である CDN を基盤とし、AV コンテンツ配送中にサーバ-クライアント間のネットワーク帯域の変動による、コンテンツの品質劣化を抑える方法として、負荷のかかっていないサーバへ切り替えるサーバ切り替え方式について研究する。

第 2 章

研究の背景

本研究の背景には、インターネットの広帯域化による AV コンテンツの増加と、CDN によるネットワーク負荷分散技術がある。そこでそれらについて述べておく。

2.1 ネットワークの広帯域化

近年、インターネットはアクセス網の広帯域化が進んでいる。それを可能にしている技術が DSL や FTTH[2] である

2.1.1 DSL(Digital Subscriber Line)

企業や学校などの LAN(Local Area Network) からは比較的高速にインターネットへ接続できる、しかし家庭からインターネットへ接続するには、アナログの電話回線で最大 56Kbps、ISDN を利用しても 64kbps と低速の回線であった。アナログ回線では、人間の音声しか転送する必要がなかったため人間の可聴周波数に合わせた 4kHz の信号を変調伝送していた。しかし、専用のモデム (MODEM:変復調機) によって、より高い標準化周波数でデジタル信号を変復調を行うことで、これまでの加入者線のままであっても、数 Mbps の転送速度が得られるようになった。この技術を総称して DSL と呼と呼ぶ。

DSL にはいくつかの種類があり、その種類によって転送速度が異なる。代表的なものを表 2.1 へ表す。現在最も普及している方式は ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line) でありデータの上りと下りの転送速度が異なる方式である。他にも上りと下りの転送速度が同じ HDSL (High bit-rate Digital Subscriber) や下りで 50Mbps 相当の速度をもつ

2.1 ネットワークの広帯域化

VDSL(Very High bit-rate Digital Subscriber) がある。

これらのサービスは現在日本で 238 万人の利用者が利用しており、アクセス網の広帯域化の中核の技術になっている。

表 2.1 回線の速度

方式	上りの速度	下りの速度
アナログ電話回線	56kbs	56kbs
ISDN	64kbs	64kbs
ADSL	16 ~ 640kbs	1.5 ~ 12Mbps
HDSL	1.5Mbps	1.5Mbps
VDSL	1.6 ~ 2.3Mbps	52Mbps

2.1.2 FTTH(Fiber To The Home)

NTT が 2010 年までに全国のアナログ電話回線 (メタリックケーブル) を光ファイバに置き換える光化計画を 1994 年に発表した。しかし基幹の光ファイバ網をどのようにして各家庭まで引き込むかという「ラストワンマイル」問題が課題があった。それを解決する 1 つの手段が前出の DSL 技術であるが、DSL 技術はメタリックのケーブルを使用しているため混信を起こし基地局からの距離が離れると通信品質が低下してしまう。

そこで、基地局から直接光ファイバを家庭まで引く FTTH を利用することで、最大で 100Mbps の帯域を上り下り共に利用することができる。この他に技術として、オフィスや集合住宅の近くまで光ファイバを敷設しそこから先を無線で行う FTTC(Fiber To The Curd),FTTB(Fiber To The Building) など、アクセス網の高速化が進んでいる。

2.2 ネットワーク負荷分散技術

2.1.3 AV コンテンツ流通の増加

ネットワークのブロードバンド化が進むことにより、インターネット上を流れるコンテンツの内容も変化してきた。1998年と2000年に発表された調査結果 [3][4] によれば、インターネット上に流れている最も多いデータは HTTP [5] であり、続いて、Real Video/Audio [6]、DNS (Domain Name System) [7] が並んでおり、トラフィックの総量の伸びとともに、RTP/RTSP 等のコンテンツデータの割合も増加している。このことから、インターネット上での AV (Audio Visual) データの利用が増加していくことが予想される。また利用者の増加と回線の広帯域化は著しく、DSL、FTTH などのアクセス網の高速化と普及は今後も進んでいくことが予想される [8]。しかし、AV ストリーム配信の普及に伴ってコンテンツサーバへの負荷集中などの問題も起きている。

2.2 ネットワーク負荷分散技術

インターネットは品質保証のないベストエフォート型のネットワークであるため、AV コンテンツを配送するに当りその品質を保持する技術が必要である。その技術の中には OoS (Quality of Service) 制御技術や IP マルチキャストなどがある。同時に、より上位層での配送技術についても研究されている。本稿では、その中で負荷分散技術の一つである、同一のコンテンツを地理的に分散配置することでネットワーク負荷を分散させる、CDN (Content Distribution Networks) に着目する。

2.2.1 CDN (Content Distribution Networks)

利用者に近い場所へコンテンツサーバを設置し、そこへコンテンツのコピーを蓄え配送することにより、バックボーン・ネットワークの負荷や、サーバの負荷を分散するアプリケーション層での技術である。

CDN の基本構想は、同一内容のコンテンツを格納したミラーサーバをネットワーク上へ複数台配置し、利用者からのアクセスをこれらに分散させることによりさらに効率よく負荷

2.2 ネットワーク負荷分散技術

を分散させる事が目的である。この機能を実現するには、同一のホスト名を複数の IP アドレスへ関連付け、利用者からの要求を複数のサーバへ振り分ける機能が必要になる。この機能を”ラウンドロビン機能”と言う。

しかし、このラウンドロビン機能は単純にコンテンツ要求を振り分けるだけの機能であるため、効率的にクライアントをサロゲートへ割り振ることができない。そこで、サーバ選択条件を設定し、ユーザに対して最適なコンテンツサーバへ振り分ける”重み付けラウンドロビン”が考案され、リクエストルーティングが行われるようになった。

このような形で、同一内容のコンテンツを蓄えたサーバを、地理的に分散配置し、クライアントの配送要求に対して最適なコンテンツサーバへ誘導することでネットワークの負荷分散を図る CDN ができた。

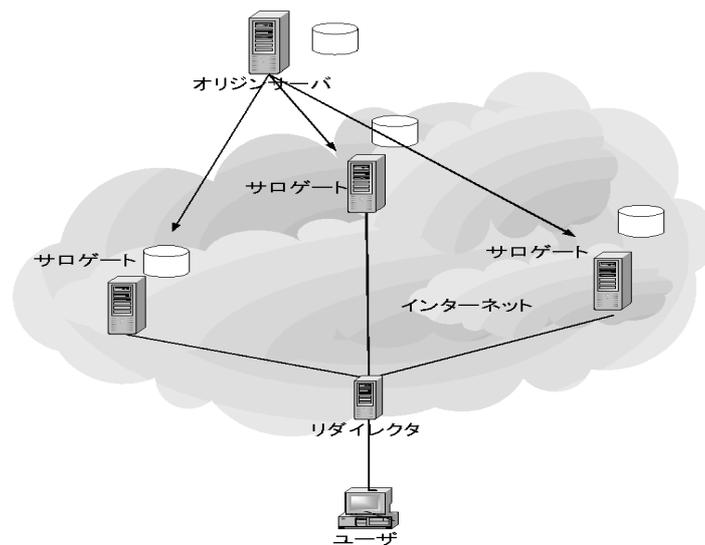


図 2.1 CDN の概要

2.2.2 CDN の構成

CDN の構成図を図 2.1 へ記す。CDN はオリジナルコンテンツを蓄積しているオリジンサーバ、そのコンテンツの複製をもつサロゲート（エッジサーバ）、クライアントを適切なサーバへ割り振るリダイレクタから構成されている。

2.2 ネットワーク負荷分散技術

2.2.3 CDN によるエンドユーザへの AV コンテンツ配送

CDN を利用し複数のミラーサーバへ AV コンテンツを格納し, 利用者のコンテンツ要求を最適なサーバへ割り振るという方式は, 負荷分散の面から見ると有効である. しかし, AV コンテンツの, 配送は広帯域であり, CDN を利用し最適なサーバから配送を受けていても, 帯域変動によりコンテンツの品質を劣化させ, 最悪の場合輻輳によってコンテンツが配送できないという可能性がある. そこで次章よりこの CDN を基盤とした AV コンテンツ配送の仕組みを提案していく

第 3 章

サーバ切り替え方式の提案

本章では,CDN をベースとした,AV コンテンツ配送の問題点を整理し,その後,解決案を提案する.

3.1 エンドユーザへの CDN を利用した AV コンテンツ配送の問題点

AV コンテンツはエンコード方法によって,再生に必要な帯域が異なり,サーバクライアント間の利用帯域がそれに足りない場合,データの遅延,揺らぎ,パケットロスが起き画像の品質が劣化してしまう. CDN は AV コンテンツの配送に必要な帯域情報に対して,適切なコンテンツサーバへ誘導をすることができる. しかし,インターネットはベストエフォート型のネットワークであるため,配送開始時に適切であったネットワーク帯域が配送終了時まで適切である保証はない. つまり CDN を利用したエンドユーザに対する AV コンテンツの配送は,コンテンツの品質が劣化する可能性がある. そこで,AV コンテンツを可能な限り高品質で配送する,サーバ切り替え方式を提案する

3.2 サーバ切り替え方式の前提条件

CDN におけるミラーサーバをサロゲートと呼ぶが,提案手法では,コンテンツを格納したサーバ,とすることで”コンテンツサーバ”と呼称する. またリダイレクタの代わりに,web ページ上で見たいコンテンツを選ぶとそのコンテンツが格納されたコンテンツサーバの IP

3.3 サーバ切り替え方式

アドレス情報とコンテンツのファイル名をクライアントにダウンロードされ、利用可能帯域測定法により切り替えの判断をクライアントで行う事を前提条件として定義する

3.3 サーバ切り替え方式

サーバ切り替えとは、ネットワークの輻輳により、高品質で AV コンテンツを受信できない場合、他のコンテンツサーバへ受信元を切り替え高品質な AV コンテンツを受信する方式である。

3.4 サーバ切り替え方式の仕様

サーバ切り替え方式の切り換えの流れを図 3.1 および図 3.2 へ示す。両図で示す矢印は同じ信号処理あるいは情報転送を示す。

1. クライアントがサーバに対して、コンテンツの配送要求を行う
2. クライアントはサーバから送信されるコンテンツを受信する

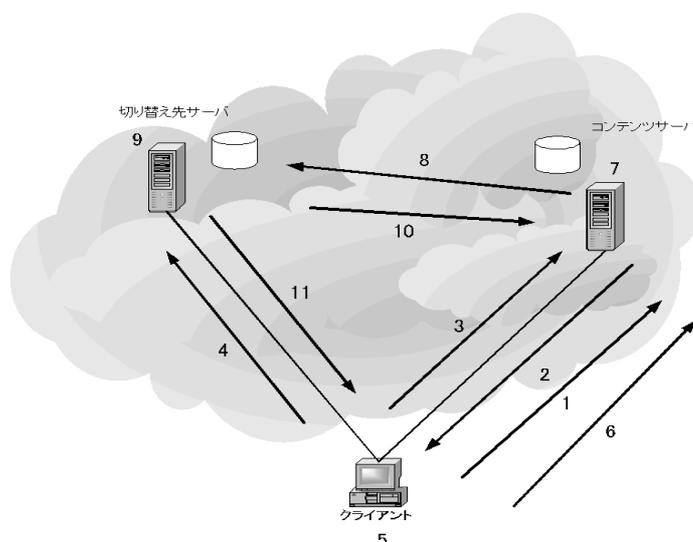


図 3.1 サーバ切り替り換え方式

3.4 サーバ切り替え方式の仕様

3. クライアントは一定間隔でサーバに対し利用可能帯域の測定を行う
4. サーバの利用可能帯域が設定閾値を下回った場合, 切り替え先サーバの利用可能帯域を測定する
5. サーバと切り替え先サーバの帯域をクライアントが比較する
もしも, クライアントとサーバの帯域の方が広ければそのまま配送を続ける
6. 切り替え先サーバの帯域が広ければ, サーバに対し切り替え先サーバの IP アドレスを記した切り替え要求メッセージを送信する
7. サーバはクライアントからの切り替え要求メッセージを受ける
8. サーバはクライアントから受けた切り替え要求メッセージに含む, 切り替え先サーバの IP アドレスへ, クライアントの IP アドレスと、送信されたコンテンツの同期再生のための情報を送信する
9. 切り替え先サーバはサーバからの情報を受け取る
10. 切り替え先サーバはサーバから切り替えデータを受け取るとサーバのクライアントへの配送をとめる
11. クライアントは切り替え先サーバから AV データを受信する

AV コンテンツの配送終了まで 2~12 を繰り返す. この仕様の中で重要になるのは,

- 切り替え判断の基準
- 切り替え方法
- 切り替え時の AV コンテンツの同期制御

の三つである.

3.4.1 サーバ切り替えのパラメータ

サーバ切り替え時の判断基準として, クライアント – サーバ間での End-to-End の利用可能帯域をパラメータとする. その測定法には pathload[9], NEPRI(Network Performance

3.4 サーバ切り替え方式の仕様

measurement by Round-trip-time Increase)[10], SNMP(Simple Network Management Protocol)[11] がある.

サーバ切り替えに使用するためには,AV コンテンツの品質を維持するため測定時間が高速で,ネットワークへの負荷が少なく,測定結果が正確な測定法が求められる.しかし,前出の三つの測定法はそれらの条件を満たさない,そこで受動的測定と能動的測定を組み合わせた End-to-End 利用可能帯域測定法を利用する [12]

3.4.2 サーバ切り替え判断基準

利用可能帯域測定法から得られたパラメータからサーバ切り替えの判断基準値を求める.下記に二種類の切り替えの判断基準方法を提案する.

- 閾値設定による判断基準

切り替えを行うための閾値を設定しその値を測定値が下回った場合切り替える方法である.コンテンツ配送に必要なビットレートを $N[bit/s]$ とすると,輻輳状態にならないた

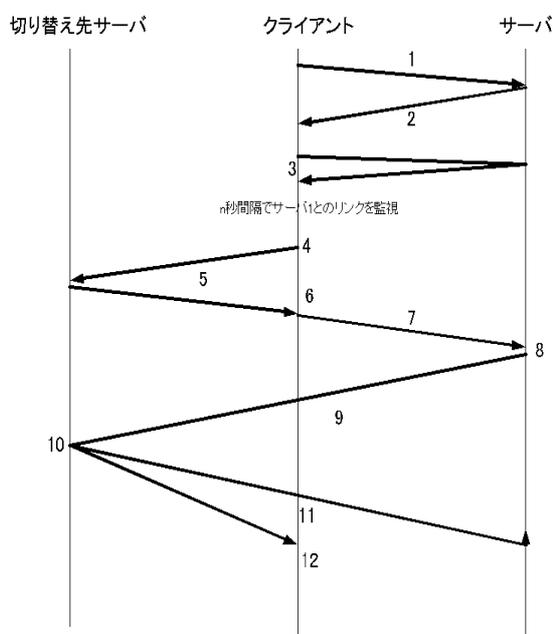


図 3.2 サーバ切り替え

3.4 サーバ切り替え方式の仕様

めに $m[\text{bit/s}]$ 余裕を持たせた, X が閾値となる. この閾値設定のための利用可能帯域の概念を図 3.3 に示す. 図中の C がリンクの総容量, AB が利用可能帯域, ρ が自もしくは他ホストがすでに使用している帯域である.

$$X = N + m \quad (3.1)$$

この式の値を比較し, $AB < X$ の時サーバを切り替える.

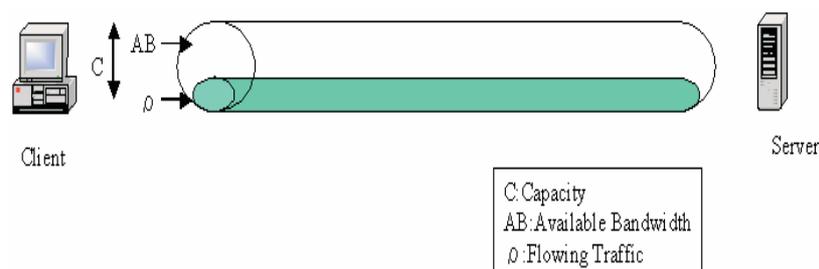


図 3.3 利用可能帯域

この方法は閾値設定の設定が, サーバ-クライアント間のネットワーク利用率に応じて設定しなければならない, 利用率が低ければ閾値を高く使用率が高ければ閾値は低くしなければ輻輳状態を招く可能性がある, 閾値設定が難しい. しかし, サーバの切り替え回数を少なくできるのでネットワーク帯域に余裕がある場合有効である

- 最大利用帯域への切り替え

一定間隔で全てのコンテンツサーバとの利用可能帯域を測定し, その中で利用可能帯域が最大のリンクへ切り替える方法である.

式 3.1 の値を, ネットワークへ配置された n 台のコンテンツサーバ全ての利用可能帯域を求め, AB 最大値であるサーバへ切り替え要求を出す.

$$AB = \text{Max}(AB_1, AB_2, AB_3, \dots, AB_{n-1}, AB_n) \quad (3.2)$$

3.4 サーバ切り替え方式の仕様

この方法は切り替え回数が増えるため、サーバ負荷が大きくなる、常に利用可能帯域の大きなリンクへ切り替えるため、輻輳状態を起こしにくい。

本論では前者の切り替え回数の増加によるサーバ負荷を考慮し、閾値設定による切り替えを使用する。

3.4.3 切り替え時の同期制御

AV コンテンツはその性質上長時間の配送になる。映画のようなコンテンツを鑑賞するクライアントが切り替え毎に最初から見せられたり、また内容が繋がらなくなるとサービスとして成立しない。そこで切り替え時にコンテンツデータの同期を取る必要がある。同期を取るにはそのコンテンツデータのエンコード方式に依存するため一概に定義をすることはできないが、本研究ではコンテンツ配送方式として、DVTS(Digital Video Transport System)[12] を使用しているため、それについての同期制御の定義をする。詳細については次章で述べる。

第 4 章

サーバ切り替え方式の実装

本章では DVTS を使用したサーバ切り替え方式の実装を定義する。

4.1 DVTS の拡張

前章で定義したサーバ切り替え方式について, DV データを使用したサーバ切り替え方式の提案する。

4.1.1 DVTS

サーバ切り替えの検証に DVTS を使用する, これはデジタルビデオカメラと IEEE1394 を用い, ストリーミング方式で DV 画像を配信するソフトウェアである. その流れを図 4.1 へ示す。

DVTS には 4 種類の機能がありそれぞれの機能を表 4.1 へ表す. サーバ切り替え方式は蓄積した AV コンテンツの品質維持手段なので, DVTS を蓄積, 配信ができるようにする。

表 4.1 dvts の機能

機能名	用途
dvsend	リアルタイムストリームの送信
dvrecv	リアルタイムストリームの受信
dvplay	蓄積データの再生
dsave	DV データ蓄積

4.1 DVTS の拡張

4.1.2 DVTS の拡張

dvrecv は DV ストリームを受信する機能を持つが、コンテンツ要求ができない。そこで送信元を指定できるよう拡張する。また,dvsend はストリームデータを送信するために使用する。そこでコンテンツサーバで使用するため、蓄積データの再生が行えるようにする。これらをそれぞれクライアント、サーバへインストールしサーバ切り替え機能を追加していく。

dvrecv の拡張

dvrecv は dvsend によって送信される DV データを受信し,IEEE1394 デバイスを介して接続される DV カメラへデータを送信するソフトである。

このソフトの拡張は送信を指定しそのホストから DV データを受信できるようにすることである。コマンドラインに IP アドレスを入力しそのアドレスのホストへ配送開始命令を送信するように拡張する。

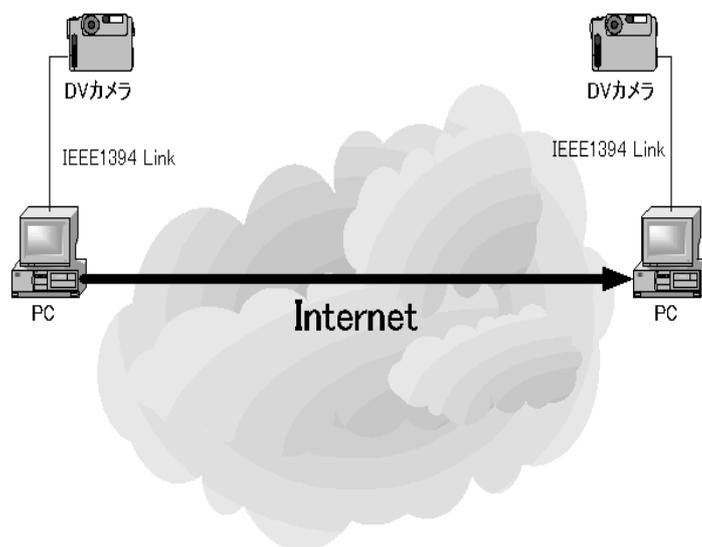


図 4.1 DVTS の転送方法

4.2 サーバ切り替え方式に必要な機能追加

dvsend の拡張

dvsend はコマンド実行時にリアルタイム DV ストリームを DV カメラから IEEE1394 デバイスを介して受信し、そのデータを指定したホストへ送信するソフトである。

まず、すでに拡張を行った dvrecv の配送開始命令を受け命令の送信元ホストへ dv を送信するように拡張を行う。

続いて、蓄積配送を行うには IEEE1394 から受信する DV データを dvsave によって保存されたファイルから受信を行うようにプログラムの変更を行う。その変更箇所は使用する OS が freeBSD4.x の場合 dvsend-ieee1394-freebsd4.c の IEEE1394 からのデータをバッファへ書き込みをしている箇所である。

4.2 サーバ切り替え方式に必要な機能追加

サーバ切り替え方式に必要な機能を設計していく。

4.2.1 サーバの切り替え条件

サーバ切り替え判断の機能を追加する、第 3 章 3.4.1 で紹介した帯域測定法を dvrecv へ実装する。測定のタイミングと、測定結果の処理は

- コンテンツ受信中は 30 秒毎に送信サーバの帯域を計測する
- 切り替え閾値を超えると切り替え要求を出す

切り替え要求が出されると、以下の処理を行う

- 他のコンテンツサーバの利用可能帯域を測定する
- 帯域測定で得た値で切り替え先サーバを決める

4.2 サーバ切り替え方式に必要な機能追加

4.2.2 切り替え要求の送受信

切り替え時に通信し, 切り替えのために必要なパラメータをえる必要がある. データ送信の必要な処理を図 4.2 へ示す.

- クライアント-サーバ間での受け渡し

切り替え要求メッセージ・・・切り替え先サーバの IP アドレス

- サーバ-サーバ間での受け渡し

クライアント情報・・・クライアントの IP アドレス, 切り替え時の同期管理情報

それぞれの送受信処理を加え受信した情報を処理の引数として使用する.

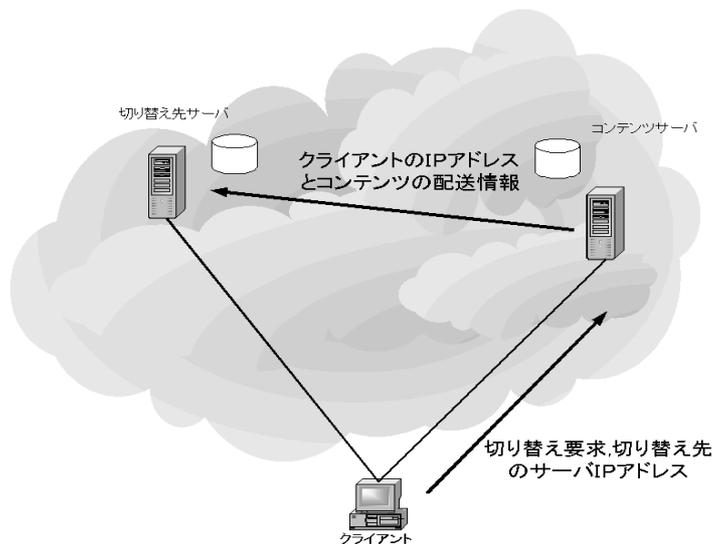


図 4.2 切り替え時の情報

4.2.3 切り替え同期

サーバ切り替え時, 3 章の図 3.1 の方式ではコンテンツ内容が重複してクライアントへ送信してしまうその図を図 4.3 へ示す. そこで切り替え同期の制御としてコンテンツの先頭を基点とするタイムコードを利用した, 同期制御を行う.

同期制御の方法を図 4.4 へ示す. 同期制御情報として, タイムコードを利用する.DV デー

4.2 サーバ切り替え方式に必要な機能追加

夕中に、再生時間を表すタイムコードがある。切り替え切り替え要求メッセージをサーバ1が受信したときから、次のタイムコードを拾う。そしてサーバ1はその時間からS秒後にクライアントへの送信を止める。止める時間を同期再生情報として切り替えサーバへ送り、切り替えサーバはそのフレームからクライアントへの送信を始める。

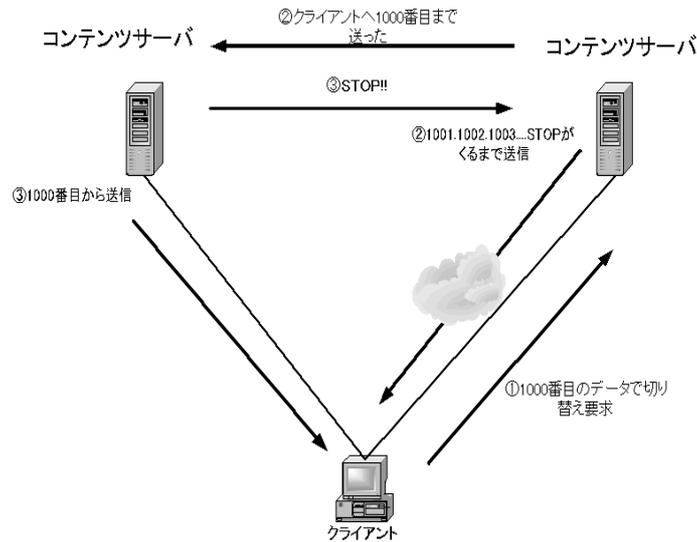


図 4.3 同期制御を行わない切り換え

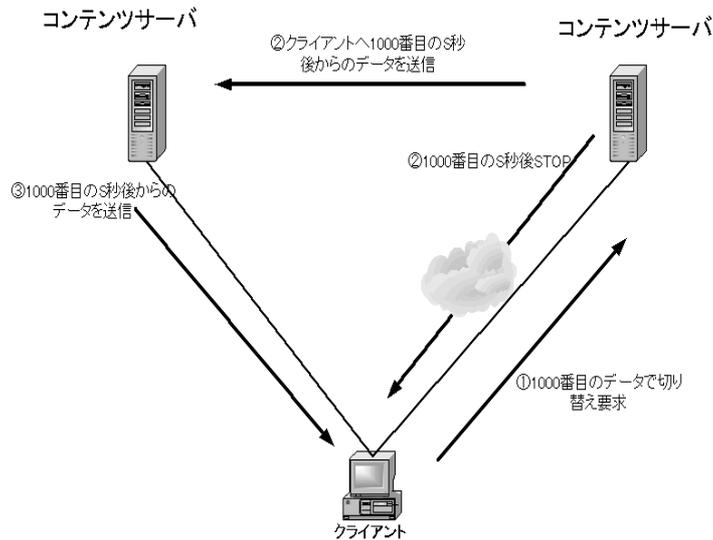


図 4.4 同期管理後

4.3 タイムコード検索

4.3 タイムコード検索

図 4.4 における同期制御方法ではまだ遅延に対する考慮が不十分と言える。タイムコードの検索はサーバのファイル内の検索の能力に依存するため厳密に S 秒と定義が行えない。またタイムコードを蓄積されたファイルの先頭から検索を行うと検索したいタイムコードの位置によって検索の時間が異なってしまう。さらに大きな問題はタイムコードの検索時間がどの程度かかるのかということである。すでに配送中のリンクは輻輳状態であるためできる限り早急に配送元を切り換える必要がある。そこでタイムコードの検索方法を考察する。

4.3.1 タイムコード

DV には再生時間が記してあるタイムコードが記されている。DV は 80Byte 単位の DIFblock へ分割され先頭の ID ヘッダ (3Byte) で属性が分類されている。タイムコードはその中の Subcode へ格納されている。

4.3.2 タイムコード検索方法

タイムコードの検索法を述べる [14]。タイムコードの格納される DIFblock の ID ヘッダは 3F xx xx となる、なお xx はシーケンス番号と DIFblock 番号によって変化する。ID ヘッダから Subcode を検索し、その中に格納されるタイムコードを検索する、タイムコードはデータ部の先頭から 27Byte から 5Byte のタイムパックに格納され先頭 1Byte が 13 になっている。そして残り 4Byte が内容になっている。このタイムパックを次に検索する。

4.3.3 タイムコード検索プログラム

前項でのタイムコード検索法を使用し表 4.2 の PC でタイムコードの検索を行った。検索の結果約 100MB のファイル中からタイムコードを検索を行うのに約 3 s かかった、この検索速度では切り換え時に確保されているはずの帯域が変化する可能性もある、また 100MB 程度では数秒間のデータ量であるため分、時間に及ぶコンテンツデータをファイル先頭から

4.3 タイムコード検索

検索するとさらに時間がかかることが予測される。そこで検索方法を再考慮行う。

4.3.4 タイムコード検索の高速化

タイムコードの検索はファイル内容を総当りで検索するため時間がかかる。そこで検索開始位置を指定することでその問題が解決できる。クライアントへすでに送信したデータ量を切り換え先のサーバへ伝え、そのファイルの位置から検索することで検索時間の短縮が図れる。

4.3.5 遅延を考慮したサーバ切り換えの同期制御

図 4.4 の切り替え同期制御をタイムコードの検索時間を考慮し構成し直す。その図を図 4.5 へ記す。

1. 配送要求をコンテンツサーバ出す
2. クライアントの IP アドレスとコンテンツ情報とクライアントへ送信した DV データの総バイト数とタイムコード値を切り換え先サーバへ送る
3. 受け取った総バイト数からファイルの読み出し位置を決めそこからタイムコードを検索する
4. 検索終了を通知する
5. 現在送信中の DV データのタイムコードからプラス S 秒後に配送の切り換えを要求する

表 4.2 タイムコード検索実験 PC スペック

機種	PC/AT 互換機 (東芝 EQUIUM9000)
CPU	Pentium 600MHz
RAM	128M
ハードディスク	13GB
OS	FreeBSD4.6.2 RELEASE

4.3 タイムコード検索

6. 検索を先に検索していた場所から追加して検索する

7. 指定されたポイントで送信を切り換え, 切り換え元のサーバからの配送を中止する

この用に1度切り換え前に検索し終了を通知することで, 同期制御が行うことができる.

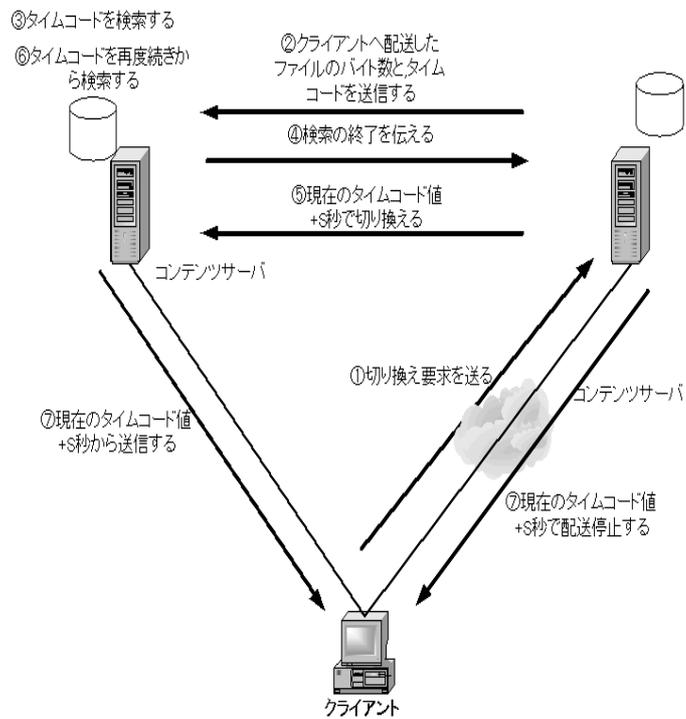


図 4.5 タイムコード検索を考慮した切り換え

第 5 章

予備実験

5.1 実験方法

配送する AV コンテンツデータに DV を使用し, ローカルネットワーク内でトラフィックを発生させサーバ切り替えを行い, 切り替えを行わなかった場合とのパケットロス率を指標とし, サーバ切り替えの有効性を示す.

5.1.1 実験環境

実験に使用した, 構成機器を紹介する.

実験機の仕様

実験用ネットワークを PC ルータを使用し構築する. 使用した PC のスペックを表 5.1 へ記す.

ネットワーク構成

表 5.1 の機器を使用し,100BASE-TX の Fast Ethernet で接続する. ネットワーク図を図 5.1 へ記す.

5.2 実験結果

5.1.2 実験手順

1. 送信端末 1 から受信端末へ DV データをフルレート (30Mbps) で送信する.
2. トラフィック発生用の PC を用意し, エッジルータとのリンクへトラフィック (DV データ) をかけ, 利用可能帯域を少なくする.
3. 送信端末 1 と受信端末との DV データのパケットロス率を測定する.
4. トラフィックはそのまま, 経路を送信端末 2 へ切り替える.
5. 送信端末 2 と受信端末とのパケットロス率を測定する.

5.1.3 評価基準

それぞれの受信端末で, パケットロス率を観察し, その値を比較しサーバ切り替えの有効性を事前検証する.

5.2 実験結果

それぞれの実験結果を表 4.2 へ表す. リンクへの負荷がかかっていない送信端末 2 のパケットロス率は, 送信端末 1 と比較したとき数値が低くなっている. 送信端末 1 は, 30Mbps 程度の負荷から徐々にロス率が上昇してきた.

表 5.1 実験機の仕様

用途	機種	CPU	RAM	OS
送信端末	panasonic Let's NOTE	Pentium 600MHz	198M	windows2000
受信端末	PC/AT 互換機 (富士通 FMV6350)	Pentium 350MHz	128M	windows2000
コアルータ	PC/AT 互換機 (自作 PC)	Athlon 1200MHz	256M	FreeBSD4.6.2 RELEASE
エッジルータ	PC/AT 互換機 (東芝 EQUIUM9000)	Pentium 600MHz	128M	FreeBSD4.6.2 RELEASE
トラフィック発生用	PC/AT 互換機 (東芝 EQUIUM9000)	Pentium 600MHz	128M	FreeBSD4.6.2 RELEASE

5.3 考察

この実験の結果, ネットワークの利用可能帯域が少ない経路での AV コンテンツ配送はコンテンツ内容を劣化させてしまう. また逆にネットワーク帯域へ負荷がかかっている経路からリンクを切り替えれば, AV コンテンツの品質が保証できる.

本実験で負荷が最大の負荷 60Mbps の負荷をかけた場合最高値で 10%を超えた. これは PC で構築した中継ルータへの負荷が約 90Mbps かかるため, 処理能力の限界を超えパケットロスになったものである.

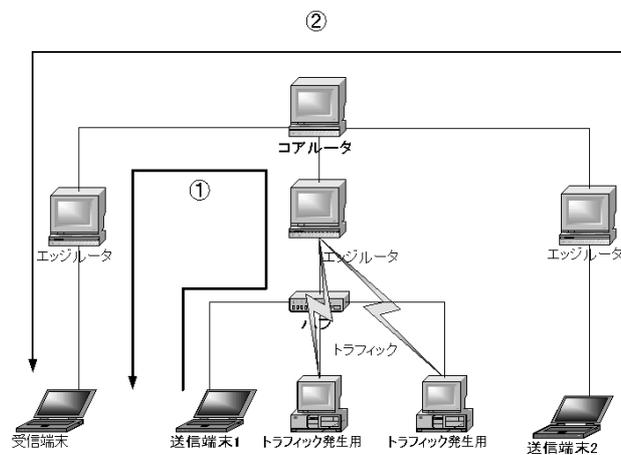


図 5.1 実験用ネットワーク

5.3 考察

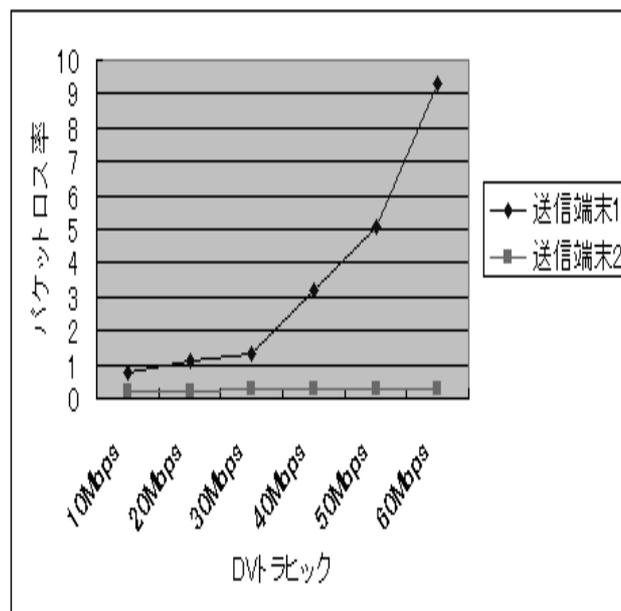


図 5.2 パケットロス率

第 6 章

まとめ

本論文では CDN を基盤とした, サーバ切り替え方式の提案し, 有効性を検討した. CDN を利用し最適なサーバを配送開始時に指定してもコンテンツサーバ-クライアント間の配送では遅延, ロス等でデータの品質保証ができない. その解決法として AV コンテンツの高品質転送方式を提案した. また, DVTS を利用してのサーバ切り替え方式の実装案を提案した. 今後の課題として, 実機での実験がある. その内容は, 以下である.

- DVTS が蓄積配信が可能になるように拡張
- 利用可能帯域測定の実装
- 切り替え制御の実装
- タイムコード検索の実装
- サーバ切り替え時の同期制御

があげられる. これらの確認をすることが本研究の今後の課題である.

謝辞

本研究を行うにあたり, ご指導下さった高知工科大学工学部情報システム工学科 島村和典教授に感謝いたします.

また, 副査を引き受けていただいた岡田守教授, 菊池豊助教授, 浜村昌則講師に感謝いたします.

本研究において多大なるアドバイスをしてくださった島村研究室の皆様感謝いたします.

最期に, 私を大学まで進学させてくれた両親に感謝いたします.

参考文献

- [1] 田代秀一, 西角直樹, 西木健哉, 小島富彦, 神原顕文:インターネットコンテンツ配送技術の最新動向, 情報処理, Vol42, No.11, pp.1082-1091, (2001)
- [2] 山野誠一, 堺和則, 三好清司, 松本一也:xDSL アクセス技術, 電子情報通信, Vol84, No.2, pp.84-91, (2001)
- [3] kc claffy, G.Miller, K. Thompson. "The nature of the beast: recent traffic measurements from an Internet backbone", INET98.
- [4] Sean McCreary and kc claffy. "Trends in Wide Area IP Traffic Patterns". ITC Specialist Seminar on IP Traffic Modeling, Measurement and Management, September 2000.
- [5] T.Berners-Lee, R.Fielding, and H.Frystyk, "Hypertext transfer protocol - HTTP/1.0" Internet Engineering Task Force, RFC1945 , May., 1996
- [6] 2003 年 2 月 12 日 時点 "RealOne Player", Real Inc., www.real.com/realone/index.html
- [7] P.V.Mockaperis, "Domain names: Concepts and facilities. Internet Engineering Task Force, RFC882, Nov., 1983
- [8] 総務省統計局統計センター:<http://www.stat.go.jp/data/it/> [9] M.Jain and C.Dovrolis, "End-to-End Available Bandwidth: Measurement Methodology, Dynamics, and Relation with TCP Throughput" In Proceedings of ACM SIGCOMM, AUGUST 2002. available at <http://www.cc.gatech.edu/fac>
- [10] 勝山恒男, 安達基光, "トラフィック測定技術: NEPRI, FUJITSU, Vol.51, No.6, pp.391-395, Nov.2000. available at <http://magazine.fuzitsu.com/index2.html>"
- [11] D.Case, M.Fedor, M.L.schoffstall and C.Davin, "Simple Network Management

参考文献

Protocol(SMNP),”RFC 1157,May(1990)

[12]Takuji NAKAHIRA,Kazunori SHIMAMURA:”AMEASUREMENT SCHEME FOR END-TO-END AVAILABLE BANDWIDTH ON VIDEO DELIVERY SYSTEMS”,IWAIT2003,pp61-pp64(2003)

[13]<http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/index.html> 2003/2/12 現在

[14]<http://www.ptie.org/eggman/dv.html> 2003/2/12 現在

付録 A

End-to-End における利用可能帯域 の測定法

A.1 トラフィック測定法

インターネットは品質保証をしないベストエフォート型のネットワークのため、様々なアプリケーションを使用するに当り、ユーザが求めるサービス品質 (QoS:Quality of Service) を少しでも保証することが重要になる。QoS のを保証するため様々な技術が研究されている。

ネットワークの品質保証を実現するには現在のネットワークの状態を把握することが重要であり、そのための様々なツールが開発されてきた、それらのツールは大きく分類すると二種類になり、それぞれ特徴をもつ。それらの特徴を比較し、またその両者を組み合わせた帯域測定法が提案されているので、その測定法について述べる。

A.2 受動的測定法と能動的測定法

帯域測定法をその特徴で分類すると、決められた測定点のパケットをキャプチャし品質を求める受動的測定法 (Passive Measurement) と試験用のパケットをネットワークへ流し、そのパケットの動きを見て計測対象の品質を測定する能動的測定法 (Available Bandwidth) がある。それぞれの特徴と代表的なツールを上げる。

A.2 受動的測定法と能動的測定法

A.2.1 受動的測定法 (Passive Measurement)

受動的測定法の代表的ツールは

- tcpdump

ネットワーク上を流れるパケットをキャプチャするツールである。様々な条件を指定してパケットをキャプチャすることができ、他のホストからどのようなパケットを受け取っているかを調べたり、特定の経路間でのパケットの流れのチェックもでき、パケットの内容を見ることも出来る、パケットキャプチャの万能ツールである。

- MRTG(Multi-Router Traffic Grapher)

SNMP(Simple Network Management Protocol) によってルータを通過したパケットをキャプチャし7日,4週間,12ヶ月間のトラフィックデータを視覚化するツール。長期にわたるネットワーク保守用に適している。

- ntop(network top)

MRGP と似ているが、トラフィック状況の視覚化ツールである。

受動的測定法の特徴は、正確に測定ができ、ネットワークへの負荷が少ないが固定点の情報しか得られない。という特徴がある。

A.2.2 能動的測定法 (Available Bandwidth)

能動的測定法の代表的なツールは

- pathload

End-toEnd での帯域測定ツール。Packet Train と呼ばれる試験用のパケットを、断続的に帯域を測定したいリンクへ送信し、パケットの到着時間間隔の揺らぎで利用可能帯域を測定する。

- NEPRI

pathload と同様に Packet Train を帯域を測定したいリンクへ流す。こちらの方法は

A.3 受動的測定と能動的測定を組み合わせた測定法

RTT 値の相関関係で利用可能帯域を算出する。

能動的測定法は End-to-End 間の帯域を測定できるが、誤差が出る可能性が高く、測定時間がかかりまたネットワークに対して負荷がかかる。

A.3 受動的測定と能動的測定を組み合わせた測定法

受動的測定と能動的測定ではそれぞれ「固定点の情報しか得られないが、正確に測定ができ、ネットワークへの負荷が少ないが」ということと「End-to-End 間の帯域を測定できるが、誤差が出る可能性が高く、測定時間がかかりまたネットワークに対して負荷がかかる」のトレードオフが成立する。しかし、アプリケーションなどのサービスを提供するにはできる限り測定時間が高速で、誤差が少なく、ネットワークに対して負荷かけない方法が望ましい。そこで、受動的測定と能動的測定を組み合わせた End-to-End の利用可能帯域測定法が提案されたので紹介する。

A.3.1 受動的測定と能動的測定を組み合わせた End-to-End の利用可能帯域測定法

この方式は測定用のパケット (Probe Packet) を利用可能帯域の知りたいリンク先へ送信し、中継ルータの NIC(Network Interface Card) の利用可能帯域をそのパケットに書き込み送信先に到着するとその帯域結果を Reply Packet として送信元へ送り返すことで End-To-End での利用可能帯域がわかる方法である。詳しい手順と概念図を記す。

1. Host S は Host D に対して Probe Packet を送信する、このとき初期値 AB_0 として自分の NIC の利用可能帯域を記入する。
2. Probe Packet は R_1 へ到着するとルーティングテーブルを参照し、Probe Packet の出力先のインターフェイスを決定する。

A.3 受動的測定と能動的測定を組み合わせた測定法

3. 出力先インターフェイスが決まると, その利用帯域を求め AB_0 と比較する.
4. 比較結果が, $AB_0 > AB_1$ の場合, Probe Packet ないの利用可能帯域を AB_1 へ書き換える. $AB_0 < AB_1$ の場合そのまま送信する.
5. この 2~5 の処理を Host R へ到着するまで繰り返す.
6. Host D へ到着したら, RePlay Packet を生成し, 計測結果を Host S へ送信する
7. Host S が RePlay Packet を受け取り, 利用可能帯域がわかる.

この手法は発生する Packet が Probe Packet と RePlay Packet の 2 しかないためネットワーク負荷が非常に少なく. また, 測定時間もおよそ 1RTT の時間で終了する. 計測結果も正確な値が出る事が証明されている.

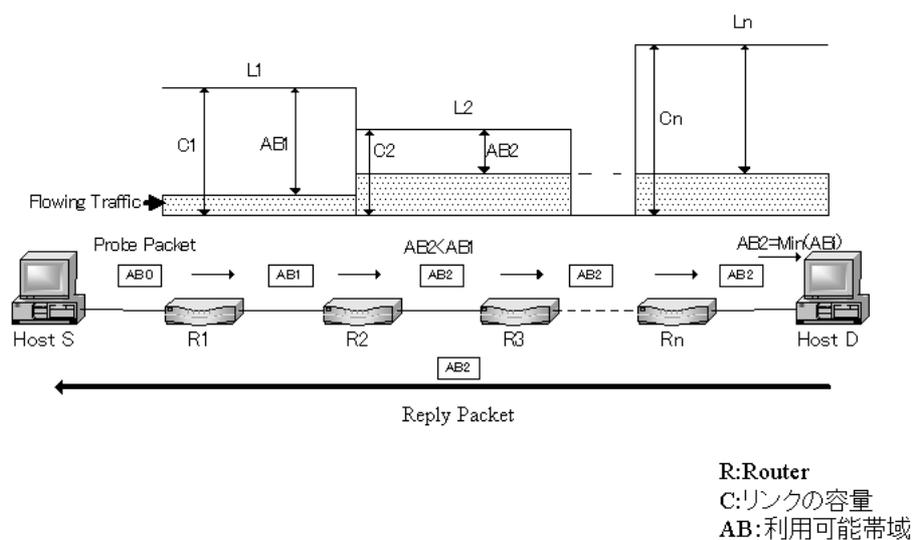


図 A.1 利用可能帯域測定法