JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	ビデオネットワークシステムにおける放送型多チャンネルノードの構築
Author(s)	吉岡，正巳
Citation	
Issue Date	2001-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1444
Rights	
Description	Supervisor:丹 康雄，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

ビデオネットワークシステムにおける放送型多チャンネルノードの構築

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

吉岡 正巳

2001 年 3 月

修 士 論 文

ビデオネットワークシステムにおける放送型多チャンネルノードの構築

指導教官　丹 康雄 助教授

審査委員主査　丹 康雄 助教授

審査委員　松澤 照男 教授

審査委員　日比野 靖 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

910129　吉岡 正巳

2001 年 2 月 15 日

Copyright © 2001 by Masami Yoshioka

要 旨

ネットワークに接続可能なユーザーが、動画、音声で構成されるコンテンツ提供を容易に行うことのできる手法について検討する。また、コンテンツを視聴する側の規模が拡大した場合にも、ネットワークやコンテンツ提供側に負荷を与えない仕組みについても検討を行う。

広帯域で安定した QoS(Quality of Service) を保証するネットワークと、エンドシステムの処理速度の向上により、ネットワーク上での高品質な映像のやり取りが可能となってきている。しかしながら、通信では基本的にノード毎に個別の経路を設定する必要があり、ネットワーク資源を無駄に消費してしまうといった問題がある。そこで、コンテンツを提供したいノードからの要求を満たし、なおかつネットワーク資源を考慮したスケジューリングを行うサーバーを設置することで、コンテンツ配信を効率良く行う手法を提案する。

目 次

1 はじめに **1**

2 動画音声コンテンツの提供 **3**

2.1 放送網を利用したコンテンツ提供 3

2.1.1 利用可能サービス例 3

2.1.2 コンテンツ提供方法 5

2.1.3 MPEG2-TS による多重化技術 7

2.1.4 コンテンツ受信方法 13

2.1.5 放送網を利用したコンテンツ提供の今後 13

2.2 通信網を利用したコンテンツ提供 14

2.2.1 利用可能サービス例 14

2.2.2 コンテンツ提供方法 14

2.2.3 RSVP と DiffServ による QoS、CoS の実現 16

2.2.4 コンテンツ受信方法 17

2.2.5 通信網を利用したコンテンツ提供の今後 17

3 通信網を利用した効率的なコンテンツ提供の実現 **18**

3.1 コンテンツ提供の基本方針 18

3.1.1 コンテンツの多重化 19

3.1.2 多重化ノード管理機構の設置 20

3.1.3 コンテンツ切り替えサーバーの設置 20

3.1.4 マルチキャストの利用 20

3.1.5 機器間接続管理機構の設置 21

3.2 全体構成 21

3.2.1 各ノードの動作 21

4 実システムへの適用 **25**
4.1 JAIST VideoLAN システム 25
4.2 Resource Manager による接続管理 26
4.3 各ノードの詳細 29
4.3.1 Service Manager の動作フロー 29

5 システムの評価 **35**
5.1 ATM 交換機における SSCOP 処理性能の定量化 35
5.1.1 UNI、NNI メッセージ 36
5.1.2 SSCOP による POLL、STAT メッセージ 38
5.1.3 加入者リンクにおけるフレーム処理性能の定量化 41
5.1.4 中継信号リンクにおけるフレーム処理性能の定量化 42
5.2 提案手法と既存の手法のフレーム処理量の比較 44

6 検討及び考察 **47**
6.1 提案手法を用いる際の検討項目 47
6.1.1 MPEG2-TS Converter の規模に対する検討 47
6.1.2 利用可能なサービスに対する検討 49
6.1.3 提案手法における EPG の位置づけ 51
6.2 ユーザー端末の検討 52
6.2.1 ユーザー端末に必要な機能 52
6.3 システム運用管理コストの検討 55
6.3.1 視聴者数による Contents Selector 設置 55
6.3.2 各ノードの管理範囲の特定 55
6.4 帯域保証の無い通信網上での運用について 56

7 今後の課題 **58**
7.1 Service Manager による予約制御 58
7.2 Service Manager に対する負荷 58
7.3 MPEG2-TS Converter の階層化 59

8 おわりに **60**

図 目 次

2.1 デジタル放送システムの信号構成 4
2.2 デジタル放送システムイメージ 7
2.3 MPEG2 システムにおけるストリームの関係 8
2.4 MPEG2-TS パケットの詳細 9
2.5 PSI のツリー構造 10
2.6 MPEG2-TS パケット ATM セル化 10
2.7 伝送制御信号 11
2.8 サーバークライアントモデル 15

3.1 MPEG2-TS Converter 19
3.2 Contents Selector 21
3.3 提案手法の概要 22
3.4 メッセージ一覧 22
3.5 動作フロー 23

4.1 Resource Manager の詳細 26
4.2 JAIST VideoLAN System 27
4.3 Service Manager 内のプロセス 29
4.4 HTTP プロセスと SQL 間の動作フロー 30
4.5 監視プロセスと SQL 間の動作フロー 31
4.6 予約入力画面 33
4.7 予約一覧表示 34

5.1 ATM-SVC のプロトコルスタック 36
5.2 メッセージ処理のレイヤ構造 37
5.3 UNI、NNI メッセージ 38
5.4 POLL-PDU 39

5.5 STAT-PDU 39
5.6 誤り無しの場合の動作 40
5.7 ATM-UNI フレームと POLL、STAT の動作 41
5.8 ATM-NNI フレームと POLL、STAT の動作 43
5.9 平均視聴時間と収容可能視聴者数 46

6.1 MPEG2-TS Converter 付近でのシグナリングメッセージの集中 48
6.2 MPEG2-TS Converter が接続される ATM 交換機における収容可能人数 . . 49
6.3 ユーザー端末の構成 (最小限) 53
6.4 ユーザー端末の基本構成 53
6.5 ユーザー端末の構成 (柔軟なサービスへ対応可能) 53
6.6 Contents Selector を経由しないユーザー端末 54
6.7 管理範囲 57

表 目 次

2.1 BS デジタル放送に適用される ARIB 規格、運用規定 6
2.2 PSI テーブル 9
2.3 SI テーブル 12

4.1 Resource Manager から Terminal System へのコマンド一覧 28
4.2 各ノードの機器構成と機能 32

5.1 UNI シグナリングメッセージ 37
5.2 一連の動作において、送受信されるフレーム数 42

第 1 章

はじめに

近年、通信網の技術発展に伴い、通信網を利用した、映像、音声を主とするコンテンツのやりとりが可能となってきている。現在、ユーザーはインターネット上での映像、音声の配信サービスを利用することができ、サービス内容も充実しつつある。通信網上でのこのようなサービスは、コンテンツを提供する際のコストが既存の TV、ラジオに代表される放送の分野と比較して安く済むといった利点があり、独自のコンテンツを提供するのであれば、特別な許可を受ける必要もない。今後、家庭までの通信インフラがより高速なものとなった時、通信網上に多くの小規模放送局が存在することが予想される。

しかしながら、現在の通信網の構成では、映像、音声データが視聴者側まで一定の品質を保ったまま到達する事を保証するものではなく、画像や音声が途切れたりしてしまう場合も多い。また、複数の視聴者が同時に 1 つのコンテンツ提供サーバーにアクセスすると、個々の要求に応えなければならないため、サーバー側の負荷を上昇させる。また、サーバー側の利用可能帯域によって視聴者数が限られてしまうといった問題も発生する。

現在の多くのコンテンツ提供システムはこのような問題点を抱え、複数の視聴者に映像、音声データを、一定の品質を保ったまま提供することは難しいとされている。将来的に、このようなサービスを課金して提供する際に、映像、音声が途中で途切れるようなことがあれば、ユーザーにサービスを提供しているとは言いがたい。このような問題を避けるため、あらかじめ End-End で経路確保 (シグナリング) を行うことを前提とした通信網が存在する。しかし、このシグナリングにかかる時間と、接続相手までの経路に存在する通信機器への負荷が、結果として収容可能なユーザー数を減少させていることになる。また、従来のクライアント、サーバー型のコンテンツ提供システムでは、増加する視聴者数に対応するのは難しく、個々のユーザーが容易にコンテンツ提供を行える状況ではない。

本論文では、現在コンテンツを提供、視聴することの出来るシステムの問題点を、コ

ンテンツ提供側、通信網、視聴者側の視点からそれぞれ指摘し、対処方法を提案した。また、提案方法の一部実装と、評価を行い、視聴者数の増加や、個々の視聴者の振る舞いに左右されることなく、容易にコンテンツ提供が行え、かつ通信網内の機器へ負荷を軽減するステムであることを検証する。

第 2 章

動画音声コンテンツの提供

本章では、多様化する動画と音声の提供形態について、提供する側と視聴する側の視点から、それぞれの長所、短所を述べる。

人が情報発信の媒体として利用可能なものは、新聞、本などの印刷物、TV、ラジオ、Web などがある。コンテンツを構成する要素として、文字、静止画、音声、動画が利用され、これらの要素を混合して作られたコンテンツを、一般的にマルチメディアデータと呼んでいる。なお本論文では、動画、音声で構成されるマルチメディアデータを単にコンテンツと呼ぶ。

現在、コンテンツ提供が可能なシステムを利用媒体によって分類すると、TV、ラジオを中心とした既存の放送網を利用したシステムと、通信網を利用したシステムに分けられる。

2.1 放送網を利用したコンテンツ提供

現在、一般的に利用されている、TV、ラジオに代表される放送網を利用したコンテンツ提供サービスは、一般家庭で最も広く利用されており、コンテンツの内容も充実している。この従来型のコンテンツ提供サービスは、単に放送局が送出した映像、音声で構成されるコンテンツを受信するだけであったが、現在では、様々なサービスが提供されている。

2.1.1 利用可能サービス例

現在利用可能なサービスとしては、

- 映像、音声放送サービス

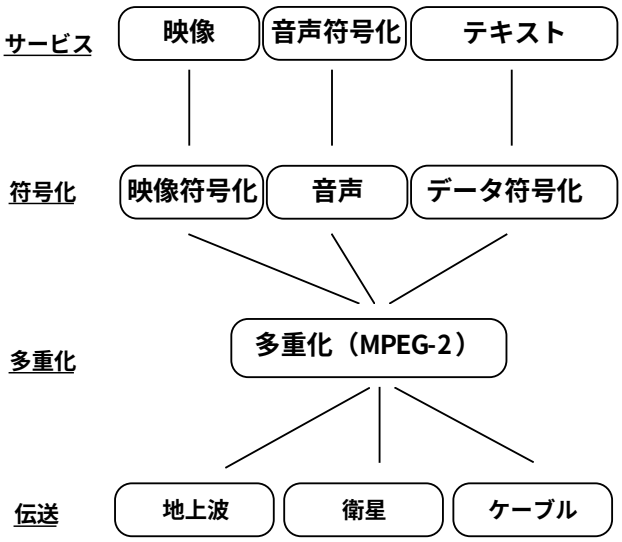


図 2.1: デジタル放送システムの信号構成

- データ放送サービス
  - 双方向サービス
  - 番組連動サービス
  - EPG(Electronic Program Guide) による情報提供

等が挙げられる。

映像、音声データ提供サービスは、従来から利用されてきた典型的なサービスである。現在では、TV 番組として提供される 1 つのコンテンツに、吹き替えの音声を別のチャンネルとして多重化させたり、音声だけの独立したコンテンツも存在する。

データ放送サービスは、新たな放送方式であるデジタル放送が開始されてから、様々なサービスが提供されはじめてきた。サービス内容としては、映像、音声放送サービスの付加的な情報をリアルタイムに提供する番組連動型と、番組とは独立したデータを提供し、視聴者の要求に応じてデータを送る双方向型が存在する。番組連動型は、字幕や文字スーパー、試合の結果などの更新時間の短いデータを扱い、双方向型は、天気やニュースなど、番組連動型よりも更新時間間隔の長いデータを扱う。

EPG は、番組案内など様々なサービスを利用する際に必要な情報を文字データで配信する。EPG によって以下のような機能を提供することができる。

- 最新の番組表を見ることが可能

- 番組の詳細を取出すことが可能
- EPG 画面から番組を直接選択可能
- EPG 画面から録画予約が可能

このような機能が提供されることで、従来の放送システムでは、他の情報メディアに依存していた番組表の提供が、同一システム上で提供可能となった。デジタル放送では、アナログ放送と比べて多数のコンテンツが提供され、これまでのような番組表の提供では、詳細な情報を得ることが難しく、視聴選択が難しくなる。より詳細な番組情報提供の手段として、EPG は利用されている。さらに、EPG 画面から録画予約ができるようになり、受信機と録画機の連携を可能にした。

2.1.2 コンテンツ提供方法

情報発信のためには、アナログ放送の場合、映像、音声を変調して電波に乗せるという方法で済んだが、デジタル放送の場合はそれ以前に、各サービス毎に符号化し、多重化する作業が必要となる。この作業により、全てのサービスで提供されるコンテンツは、デジタル化されたデータとなる。多重化された 1 本のストリームが視聴者側へ届けられる。(図 2.1)。

デジタル放送の伝送方式として MPEG2-TS(Transport Stream)[1] が用いられている。MPEG2-TS は、様々なコンテンツを効率的に伝送し、かつ個々のコンテンツ間での同期を取ることが可能な方式である。

送信データをデジタル化することによって、アナログ放送よりも帯域の利用効率が良くなり、従来の帯域に複数のチャンネルを作ることが可能なことと、階層符号化を用いることで雨や建物などによる電波障害に強い誤り訂正が可能となった。電波の送信形態としては、最も一般的な地上波と衛星を利用したもの、さらに一旦受信した信号を、ケーブルを敷設した特定の加入者へ伝送する 3 方式があげられる (図 2.2)。

放送網を利用したコンテンツ提供サービスの問題点としては、その視聴者数の規模の大きさから、新たなフォーマットを決定する際には、多くの審議や規制をクリアしなければならない。現在運用される BS デジタル放送を例にとると、その技術使用は多くの審議が重ねられ、合意に達したものが使用されている。BS デジタル放送運用規格の一覧を表 2.1に示す。

このような規定は、一般家庭に設置される受信機、受像機と密接な関係がある。受信機、受像機は、広く普及させるために、低コストが要求される。しかしながら、家電機器

表 2.1: BS デジタル放送に適用される ARIB 規格、運用規定

	番号	タイトル	概要
規格	STD-B20	BS デジタル放送の送信、運用条件標準規格	映像、音声の符号化、多重化、スクランブル、階層伝送、変調の各方式と運用を規定
	STD-B10	デジタル放送に使用する番組配列情報標準規格	放送番組選択のための各種テーブル、記述子などを規定
	STD-B21	BS デジタル放送用受信装置標準規格	BS デジタル放送の実用化初期のニーズに対応できる最小限の機能、定格および望ましい性能について、システム設計の立場から見た規格
	STD-B24	デジタル放送におけるデータ放送符号化方式と伝送方式標準規格	モノメディア、字幕、字幕スーパー、BML、B-XML の各符号化規格、伝送方式 (データカルーセル) の各方式を規定
	STD-B25	BS デジタル放送限定受信方式	IC カードを使った低速 CA インターフェース方式を規定
運用規定	TR-B15	BS デジタル放送運用規定	BS デジタル放送の放送局での運用および BS デジタル放送受信機の機能仕様について規定。ダウンロード、受信機、データ放送、SI/EPG、CAS、双方向通信、送出の 7 編

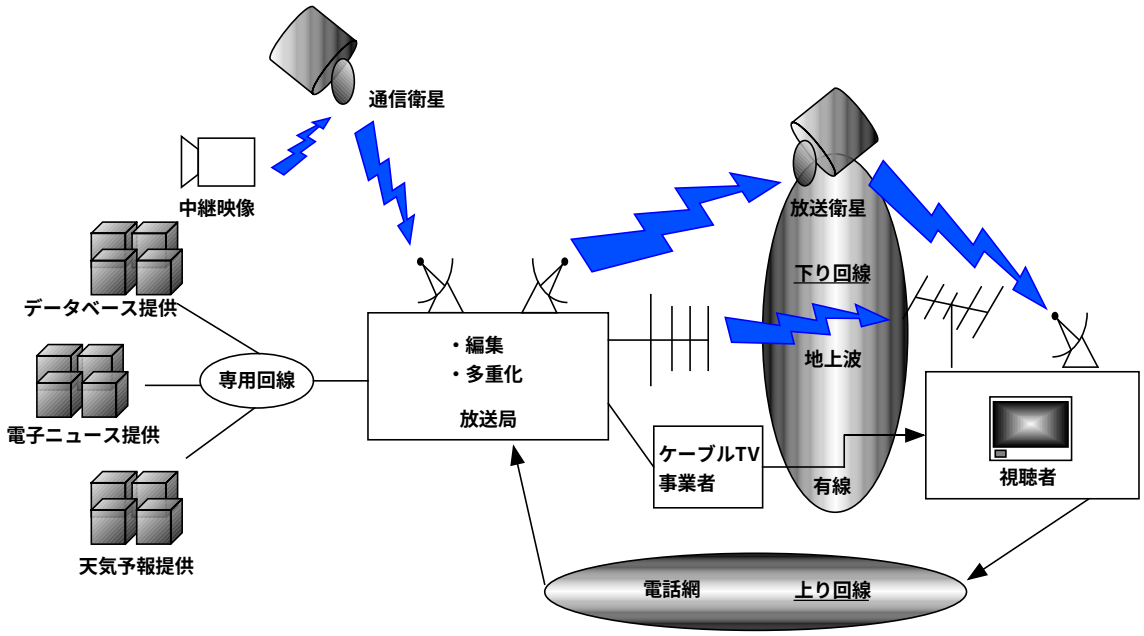


図 2.2: デジタル放送システムイメージ

の性質から、受信機や受像機は一度家庭に設置されると長期に渡って利用されるため、放送受信システムの大幅や、新たな機能追加を行う際には、従来機器との互換性をとるための考慮が必要となる。規格の変更、あるいは新たな機能を追加したい場合は、新しい機器を買いなおすか、機器の設計段階で、機能追加機構をもった受信機を作る必要があり、どちらもコストがかさむことになる。

また、放送網は不特定多数の視聴者へのコンテンツ提供が可能なメディアであるが、放送網を利用して個人がコンテンツ提供を行うことは難しい。放送網を利用したサービスの種類に双方向サービスがあるが、これは放送されたデータを対話的に操作して利用するサービスを意味し、ARIB STD-B21 の規定では、電話線用のモデムを必須としている。つまり、コンテンツ提供には放送網を利用し、個々の視聴者からの要求は通信網を利用する形態をとる。放送網を利用する際には、莫大なコストと法的な厳しい制約があるため、ごく一部の放送事業者にしか利用することの出来ない伝送媒体と言える。

2.1.3 MPEG2-TS による多重化技術

現在、BS デジタル放送では、映像、音声、データなどの全てのコンテンツがデジタル化され、MPEG2-TS の多重化方式を利用している。TS は放送のみならず通信の伝送媒

体を利用することも想定されており、様々なメディアへの対応が可能なシステムである。以下に MPEG2-TS の構造と、コンテンツの多重化、再構成の動作について説明する。

図 2.3に TS と他のストリームの関係を、図 2.4に TS パケットの詳細を示す。1 つのコンテンツを構成する映像、音声、データ信号は、それぞれ MPEG2 のビデオ、オーディオ符号規格および JPEG などの規格を用いて符号化され、ES(Elementarty Stream) を形成する。次に、これらのストリームは、MPEG2 システム規格に基づき、PES(Packetized Elementarty Stream) に分割され、多重化される TS に分割される。したがって TS は、複数の映像、音声、データが同様の規格に基づいて分割されたストリームの集まりである。この TS を受信した側では、この中から任意のストリームを取出し、元の ES を形成する必要がある。そのため、一つの ES から作られた複数の TS パケットには、他のパケットと区別するためのパケット ID(PID) がつけられる。TS には、TS に含まれているコンテンツの一部と、そのコンテンツを構成している ES などの要素との関係を示すテーブル情報が含まれている (図 2.5)。このテーブル情報は、PSI(Program Specific Information) と呼ばれ、主に 4 つの情報が格納される (表 2.2)。

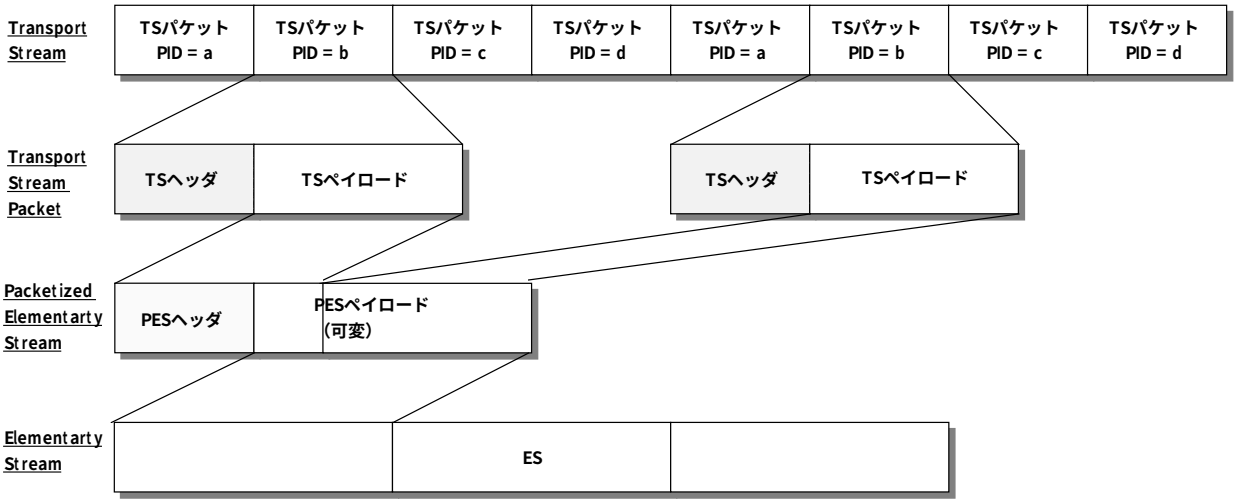


図 2.3: MPEG2 システムにおけるストリームの関係

TS は、放送や通信に用いられることを前提としている。特に通信の分野では、TS を ATM セルへ収容することが視野に入れられており、TS を AAL(ATM Adaptation Layer) タイプ 5 を用いた CBR 伝送を行うことができる。AAL5 プロトコルでは、TS パケットを 2 つ合わせ、8[Byte] のトレーラをつけることで 384[Byte] の PDU を作る。この PDU は 8 個の ATM セルで効率よく転送が可能である。(図 2.6)

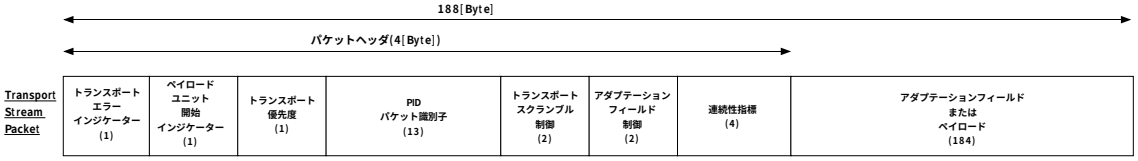


図 2.4: MPEG2-TS パケットの詳細

表 2.2: PSI テーブル

PSI セクション名 (13[Bit])	PID	説明
PAT(Program Association Table)	0x0000	コンテンツ番号と PMT との関連づけ
PMT(Program Mapped Table)	PAT で指定	コンテンツを構成するストリームの PID を指定
NIT(Network Information Table)	0x0010	物理的なネットワークパラメータ
CAT(Conditional Access Table)	0x0001	有料放送で、契約内容などの情報を送る EMM(Entitlement Management Message) ストリームを PID との関連づけ

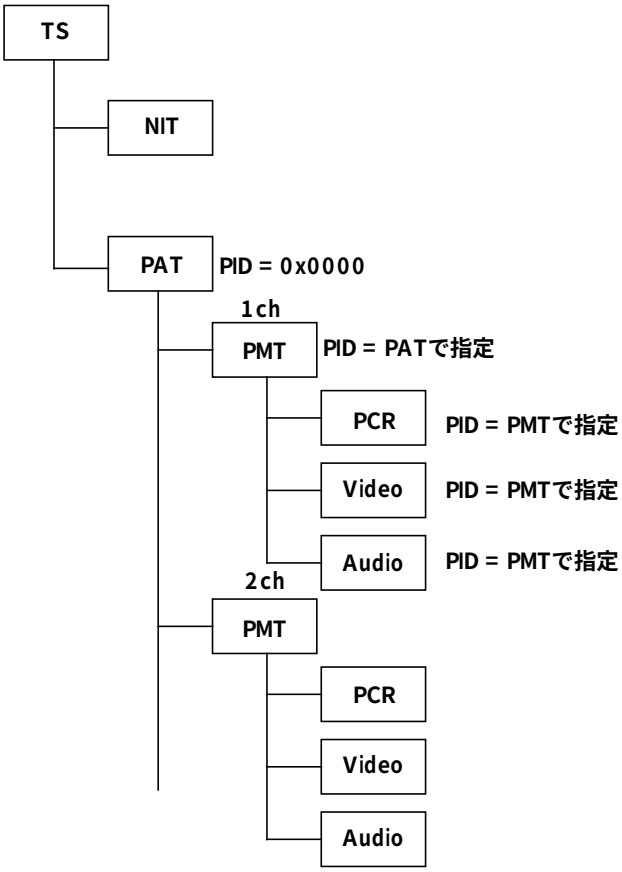


図 2.5: PSI のツリー構造

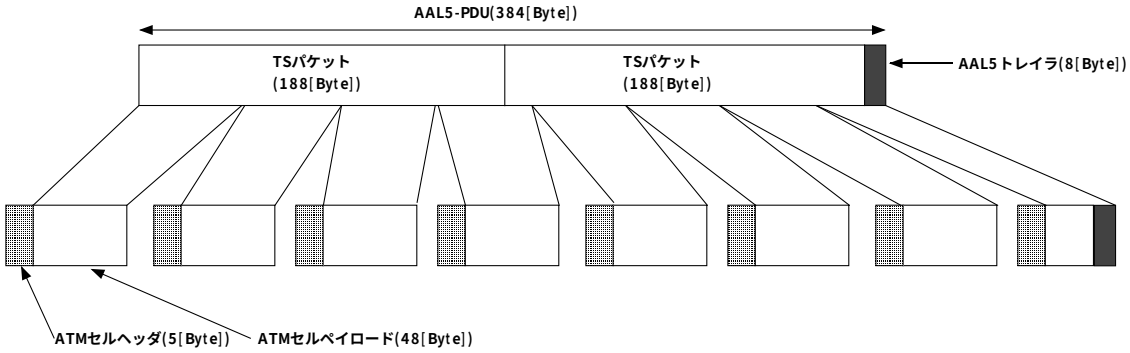


図 2.6: MPEG2-TS パケット ATM セル化

BS デジタル放送では、MPEG2 システムの定義に加えて、ARIB による独自の拡張を施している。この拡張は、主に映像、音声、データ放送の付加的情報を提供し、視聴を行う際の支援をする。この拡張情報を SI(Service Information) と呼び、日本の SI は ARIB STD-B10(表 2.1) によって規格化されている。

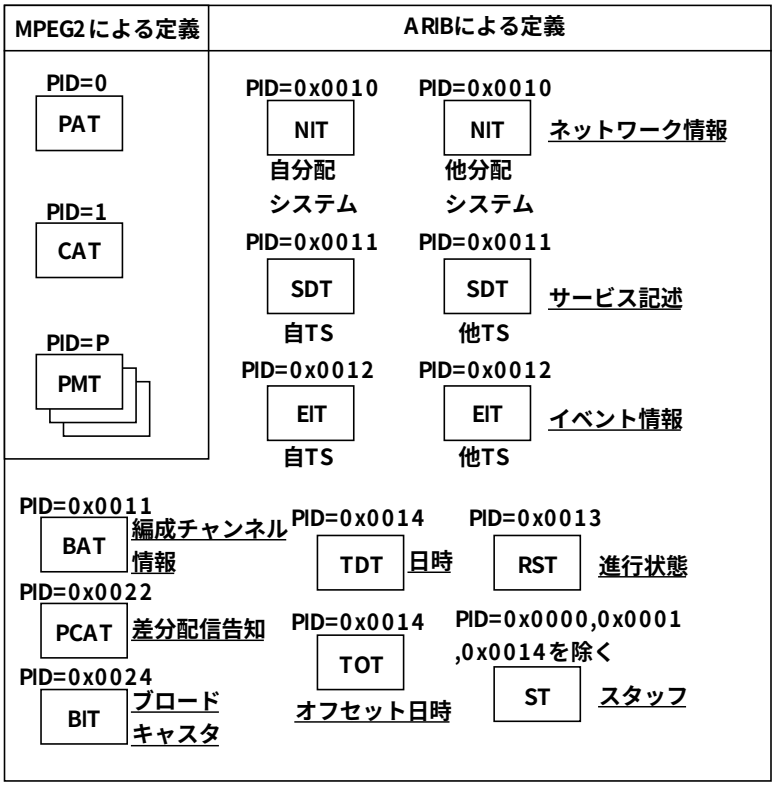


図 2.7: 伝送制御信号

例えば、SI の中の EIT(Event Information Table) には、各局が放送する TS 内にある番組名と、放送時間、番組内容と、番組毎に個別の Event_ID が付けられ視聴者に提示される。EIT は放送番組と同期しており、番組スケジュールの変更があった場合には、EIT のテーブルも更新される。EPG による番組録画予約を行う際には、このスケジュールの中から、任意の Event_ID を指定する。録画時間になったときに、番組予約を行った EIT を再度参照し、放送時刻に変更が無いかを確認する。これにより、放送スケジュールが変更されても、録画がおこなえるシステムとなる。

表 2.3: SI テーブル

SI テーブル名	機能
NIT(Network Information Table)	変調周波数など、伝送路の情報と、放送番組の関連付け情報を伝送
SDT(Service Description Table)	編成チャンネルの名称、放送事業者の名称など、編成チャンネルに関する情報を伝送
BAT(Boquet Assciation Table)	編成チャンネルの集合の名称、含まれる編成チャンネルなどに関する情報の指示
EIT(Event Information Table)	番組の名称、放送日時、内容の説明など、番組に関する情報の指示
RST(Running Status Table)	番組の現在の進行状況を指示
TDT(Time Date Table)	現在の日付、時刻の指示
TOT(Time Offset Table)	現在の日付時刻の指示、および実際の時刻と人間系への表示時刻の差分時間を指定
LIT(Local Event Information Table)	番組内のローカルイベントの識別、名称、説明なと、ローカルイベントに関する情報の指示
ERT(Event Relation Table)	番組やローカルイベントのグループ、属性など、相互間の関係を示す
ITT(Index Transmission Table)	番組送出時における番組インデックスに関する情報の記述
PCAT(Partial Content Announcement Table)	データ放送におけるコンテンツの差分配信の告知
ST(Stuffing Table)	テーブルの無効化
BIT(Broadcaster Information Table)	ブロードキャスタの単位ごとの SI 伝送パラメータなどを指定する。

2.1.4　コンテンツ受信方法

コンテンツの受信は、一方的に送られてくる電波を受信する形態をとる。従って、視聴者がいる、いないに関わらずコンテンツは送信され、受信機があれば誰でも受信可能であり、視聴者数の制限も無い。コンテンツの受信方法は、送信側の利用している伝送路（地上波、衛星、ケーブル）と、放送方式 (デジタル、アナログ) に依存している。放送システムが異なる場合はそれぞれ個別の受信機を必要とし、同じ伝送路でも、個別のアンテナを用意しなければならないといった場合もある。例として、BS デジタルと BS アナログ放送は、アンテナは共通でも個別の受信機が必要であり、BS と CS では衛星が異なるため、受信には個別のアンテナを用意する必要がある。コンテンツを視聴するという視聴者側からの観点で言えば、視聴に必要な機器は統合されていることが望ましいが、現状では必ずしも統合が図られているとは言えない。

2.1.5　放送網を利用したコンテンツ提供の今後

放送網を利用したコンテンツ提供は、不特定多数の視聴者へ情報を提供するのに適したシステムである。以前から放送局内でのコンテンツの記録、編集などは、全てデジタル化されていたが、現在では、視聴者に届ける放送網の部分もデジタル化され、扱うことの出来るデータ量と種類が増え、様々なサービスが提供されている。特に、今までには無かった要素として、個々の視聴者の要求に応える事が可能となり、データ放送サービスなど番組に連動しない情報もリアルタイムに得ることが出来るようになった。

しかし、コンテンツ提供側は、これら複数のコンテンツを提供するだけの機材と、運営管理をしていく人材、予算が必要となる。従って、放送網を利用したコンテンツ配信は一部の放送局に限られ、個人がコンテンツ提供を行うのには向いていない。

今後は、双方向性のあるサービスを活用して、今までは難しかった個々の視聴者の要求に細かく応えるコンテンツ製作と、多チャンネルによって多くの情情報を発信することが望まれる。

2.2 通信網を利用したコンテンツ提供

通信網の急速な発展とコンピュータの高性能化、低価格化に伴って、通信網を利用したコンテンツ提供サービスも次第に増えてきている。

2.2.1 利用可能サービス例

現在利用可能なサービスとしては、映像、音声のコンテンツ提供と、音声のみのコンテンツ提供の 2 種類で、主に Internet の Web コンテンツの一部として提供されている。コンテンツのフォーマットとしては、Real[2]、WMT(Windows MediaTechnologies)[3]、QT(Quick Time)[4]、MP3 などを利用したものがある。視聴者側は、任意のコンテンツに対して巻き戻しや早送りなどの要求を出すことができるオンデマンド型のサービスと、ライブ映像、あるいは同じコンテンツを繰り返し再生されているものを視聴する放送型サービスがある。放送網を利用したコンテンツ提供でもオンデマンド型が存在したが、映像、音声で構成されるコンテンツに対する要求を行うものではなく、あらかじめサーバーに蓄積されてたデータを要求する場合が主となっている。例としては、天気予報や文字だけで構成されるニュースなどがあげられる。これに対して、通信網を利用したコンテンツ提供では、任意のコンテンツに対して、一時停止や早送り、巻き戻しなどの要求を受付ける VoD(Video on Demand) が可能である。

放送網では基本的に同じ情報を不特定多数の視聴者へ届けるシステムのため、個々の視聴者の要求に特化したコンテンツを提供するのは難しい。しかし、通信網は基本的に接続相手と 1 対 1 の接続を行うので、個々の視聴者の要求に応えることが可能である。

2.2.2 コンテンツ提供方法

伝送媒体として通信網を利用するため、コンテンツ提供は基本的に一般家庭でも行うことができる。そして、個々のコンテンツ提供者が独自のコンテンツを提供するのであれば特別な許可を受ける必要もない。この通信網利用したコンテンツ配信をさらに促進する動きとして、サーバーとなるコンピュータの高性能化と、家庭まで届く回線の広帯域化、低価格化が挙げられる。サーバーソフトウエアとして Real や WMT を用いれば、容易にコンテンツ提供を行える地盤が整いつつある。

欠点としては、これらのコンテンツを視聴するユーザーの数や個々のユーザーが出す要求によって、有限な資源である通信網や、コンテンツ提供側のサーバーが破綻してしまう可能性がある。図 2.8に典型的なサーバー、クライアントモデルを示す。サーバーは個々

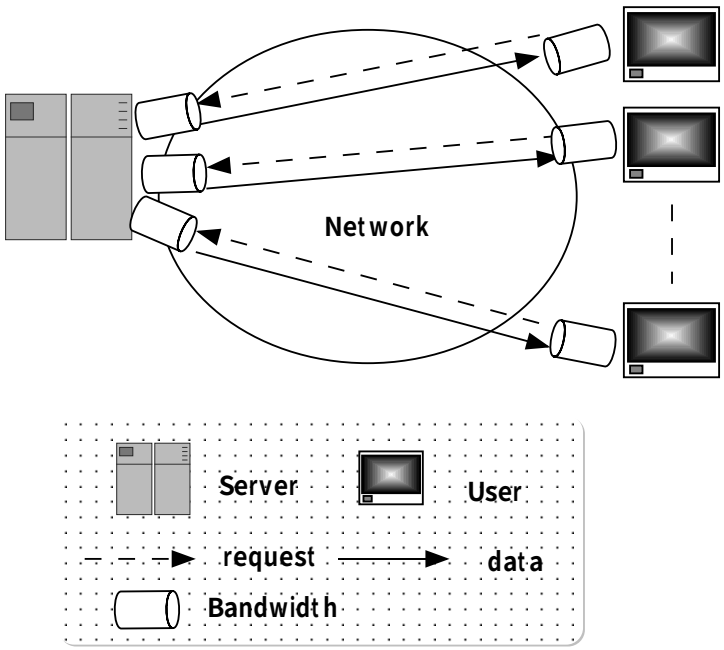


図 2.8: サーバークライアントモデル

のクライアントからの要求を受付け、適切なコンテンツを提供しなければならないため、クライアント数の増加に伴って負荷が上昇する。また、個々のクライアントと 1 対 1 の接続を行うので、サーバー側の利用可能帯域によってクライアント数が限定されてしまう事になる。従って、サーバーの部分に相当するコンテンツ提供側は、クライアントに相当する個々の視聴者からの要求に応えるために、十分な処理能力と帯域幅の広い回線が必要となる。しかし、あらかじめ負荷を予測し、運用可能な処理能力を検討することは難しく、実際にサーバーを立ち上げて、視聴者側のアクセスの集計を取るといった方法が用いられている [5]。逆に、処理能力に十分な余裕を持たせることは、コストの面からいって好ましくない。

一般家庭からのコンテンツ提供を考慮すると、サーバーに必要な機器や、複数のクライアントからのアクセスに対応できる回線容量を確保することは難しい。さらに、機器の管理、運営の負担も大きいため、コンテンツ提供側は最小限の機器構成であることが望ましい。

通信網の部分でもいくつかの欠点が見られる。映像、音声は既存のコンピュータネットワークでやりとりされるデータとは異なり、回線上で一定の帯域を長時間使用する。加えて、データの到達順序と時間に対する制約も厳しく、現在の Internet で使用されている

TCP/IP 上で、これらの制約を満たすのは難しい。実現のためには、データの種類によって扱いを変えることと、網レベルでの経路の品質保証が必要となる。これらの実現方法として、DiffServ[6] や RSVP(Resource ReSerVation Protocol)[7] といった CoS、QoS 保証技術が登場し、TCP/IP 上での品質保証を確立する動きがある。

2.2.3 RSVP と DiffServ による QoS、CoS の実現

RSVP は、End-End でマルチメディア情報のリアルタイム通信を保証するプロトコルである。このプロトコルは、通信網の帯域を予約する方式で、経路設定時に、中継ルーター間の使用帯域をある時間占有することができる。DiffServ は、パケットにクラス分けの印が付けられる。そして各中継ルーターで、それぞれのクラスに従ったサービス (PHB:Per Hop Behavior) を受けることが出来る。

しかしながら、RSVP、DiffServ 共にいくつかの問題点があり、現時点では実用化のための実験段階である。RSVP における問題点を以下に示す。

- 接続相手までの経路上のルーターが全て RSVP に対応していなければ、完全な帯域保証が行えない。
- RSVP を利用することで一定の帯域幅が占有されてしまうため、同時に複数の帯域予約要求が発生した場合、完全に応じることが難しい。
- 複数のドメインをまたがって、一定の帯域幅を予約することが困難である。

また、DiffServ における問題点としては、

- あるサービスクラスに流入するトラフィック量を適切に制御しなければ、サービス品質が落ちてしまう。
- あるサービスクラスでの扱いが各ルータ毎に微妙に異なるため、扱いが大きく変更されるトラフィックが発生する可能性がある。

などがあげられる。

このような背景から現状で広域にわたり完全な QoS 保証を実現するためには、B-ISDN の技術に利用されている ATM を用いる必要がある。ATM で動的な経路確保を行う SVC を利用する場合、End-End 間に存在する ATM 交換機がシグナリングを発行する度に動作することになる。この動作によって、視聴者側がサーバーを切り替えて異なるコンテンツを視聴する度に ATM 交換機への負荷がかかってしまい、視聴者側の数が増加すると、

ATM スイッチは呼処理に対応しきれなくなってしまうという問題が発生する。呼処理に対応可能な視聴者数の範囲をあらかじめ見積ることで網内に存在する機器への負荷は予想できるが [8]、人数が変動した場合には対応が難しくなる。

2.2.4 コンテンツ受信方法

現在通信網を利用したコンテンツはインターネット経由で視聴することが可能であるため、インターネットに接続するコンピュータが必要となる。家庭までのネットワークインフラによって視聴できる映像、音声に差が出てくる。コンテンツ提供側でストリーミングのデータ速度を個々の視聴者の回線速度に合わせて変更が可能なものや、回線速度に合わせて複数のストリーミングを提供することも可能である。従って映像品質の差はあるが、全ての視聴者がコンテンツを視聴可能である。

2.2.5 通信網を利用したコンテンツ提供の今後

通信網の帯域幅の広がりに伴って、コンテンツ提供を行うサーバーが複数登場し、視聴者数も増加しつつある。ネットワークの双方向性を利用すると、コンテンツを提供することと視聴することの両方が可能となる。しかし、コンテンツ提供側に要求されるサーバー機器と管理、運営は一般家庭からの情報発信としてはまだ敷居が高く、最小限の機器構成でコンテンツ提供が出来ることが望まれる。また、通信網は放送網と異なり、利用可能な通信網の資源がエンドユーザーの規模に大きく左右されるといった問題があり、資源の枯渇問題が発生する可能性が高い。通信網の有効利用を考えなければ増加する視聴者数には対応出来ないといった問題もある。これらの問題を解決し、通信網に接続可能なユーザーが容易にコンテンツ提供を行うことが可能となることが望まれる。

今後は、通信網上で特定のコンテンツ提供サーバーへの接続数が増加し、コンテンツが多くの視聴者へ届けられるといった状況が推測される。視聴者側から見れば、このような動きが促進されれば、放送網、通信網を利用したコンテンツ提供の境界は曖昧なものとなるであろう。

しかしコンテンツ提供側から見れば、通信網を利用した動画音声コンテンツ提供への期待が高まり、発展が望まれる媒体であるといえる。

第 3 章

通信網を利用した効率的なコンテンツ提供の実現

放送網と通信網を利用してコンテンツを提供する際の利点と問題点について、前章で述べた。前章では、放送網に比べて双方向性の高い通信網を利用して個々のユーザーがコンテンツを提供できることを指摘した。しかし、現状の通信網を利用したコンテンツ提供では、コンテンツ提供側への負荷と、有限な資源である通信網が、視聴者側の規模の増加や頻繁なコンテンツ切り替えによって破綻してしまう可能性があるという問題点が存在した。

本章ではそれぞれの問題の解決方法を示し、各エンドユーザーが視聴のみならずコンテンツ提供も容易に行えるシステムを提案する。

3.1 コンテンツ提供の基本方針

通信網を利用した既存のコンテンツ提供方法では、一般家庭のユーザーがコンテンツを提供する際に、出口となる加入者回線の帯域幅と、接続してくる視聴者の規模の拡大に対応可能かどうかを考慮しなければならない。これは、コンテンツに対する個々の視聴者からの要求を受け入れるオンデマンド型を利用する場合に必要となる検討項目である。しかしながら、オンデマンド型の特性からいって、全ての状況下において破綻を避ける解を見つけることは難しい。

そこで、提案手法ではコンテンツ提供方法をオンデマンド型では無く、ライブ映像を視聴者へ届ける放送型を用いる。放送型を用いることでコンテンツ提供側は、映像、音声を通信網経由で流す機器を用意するだけで良いことになり、視聴者からの要求を受付ける

サーバーの必要は無くなる。

シグナリングを前提とした通信網を有効に利用するためには、帯域幅とシグナリングメッセージの処理量を考慮しなければならない。この二つの要素のうち、通信網の破綻を引き起こす可能性が高いのは後者である。なぜならある経路設定を行う場合、End-End で要求帯域を確保できないとシグナリングが拒否されてしまう。しかし、すでにシグナリングが成功している経路では、帯域幅と QoS が完全に保証されている状態であり、通信網は着実に機能している状態といえる。しかし、頻繁なシグナリングメッセージが発生した場合、ある一つの ATM 交換機がメッセージを処理しきれずダウンしてしまうと、End-End でのシグナリングが行えない状態になってしまう。この場合、利用可能帯域があるにも関わらず、全く利用することができなくなってしまう。

そこで、通信網における提案手法の方針は、このシグナリングメッセージをできるだけ減らし、通信網上における動的な経路設定を減らす事に重点を置いた。

これらの基本方針をもとに、提案手法の構成要素を以下に示す。

3.1.1 コンテンツの多重化

視聴者側の頻繁なコンテンツ切り替えにより、網内に存在する機器への負荷が増加してしまうことを回避するために、あらかじめ多重化された 1 本のストリームを視聴者側へ送り、受け取ったストリームから任意のストリームをアプリケーションレベルで選択可能にする。多重化のフォーマットとして MPEG2-TS を用いる。このノードを MPEG2-TS Converter と呼ぶ。MPEG2-TS Converter は MPEG2 エンコーダと多重化部で構成され、受付けたストリームを多重化する機構を持つ。(図 3.1)

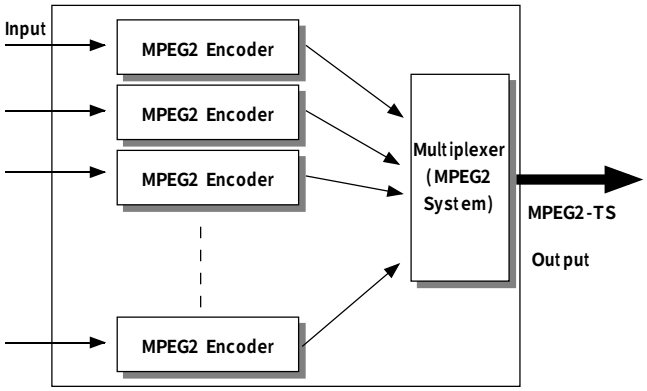


図 3.1: MPEG2-TS Converter

3.1.2 多重化ノード管理機構の設置

MPEG2-TS Converter が同時にエンコード可能なストリーム数や、TS の帯域幅は有限であり、同時刻に受付け可能なストリーム数には限りがある。そのため、コンテンツを提供を行うユーザーは MPEG2-TS Converter を時間単位で利用することになる。そのためには、このノードを利用したいユーザーからの要求を受付け、利用可能かどうか判断を行う機構が必要となる。この管理機構を Service Manager と呼ぶ。また、Service Manager は、現在配信されているコンテンツの一覧と、今後配信予定のコンテンツ一覧をデータベースとして保持し、視聴者側にコンテンツ内容の表示を行う機構も持つ。

Service Manager は、コンテンツ提供側からの利用予約に基づき、MPEG2-TS Converter に対してエンコーダを起動するように命令を出す。

3.1.3 コンテンツ切り替えサーバーの設置

コンテンツ提供側の数が増加すると、多重化されたストリームの帯域が増加する。これにともない、視聴者側に要求される帯域も増加してしまう。そこで、視聴者の回線が収容される加入者リンクに、MPEG2-TS Converter によって多重化されたストリームを一旦受付けるノードを設置する。これを Contents Selector と呼ぶ (図 3.2)。視聴者は、Contents Selector との間でコネクションを張り、任意のコンテンツを要求する。Contents Selector は各視聴者からの要求を受付けて、多重化されたコンテンツの中から任意のコンテンツを提供する。従って、視聴者側には最低限 1 本分のストリームが流れる回線を確保すれば良いことになる。Contents Selector 経由で視聴することにより、MPEG2-TS Converter と視聴者の間で直接シグナリングを行う必要は無くなり、通信網全体へ及ぼす負荷を軽減することができる。

3.1.4 マルチキャストの利用

マルチキャストは、途中のルーターやスイッチで適切にデータを複製し、受信者のまとまりであるマルチキャストグループに届ける技術である。この技術を用いることで、重複したデータが流れなくなるといった利点がある。

本研究における映像配信では、MPEG2-TS Converter がルートノードとなり、各 Contents Selector がリーフノードとなるマルチキャストシグナリングが行われる。

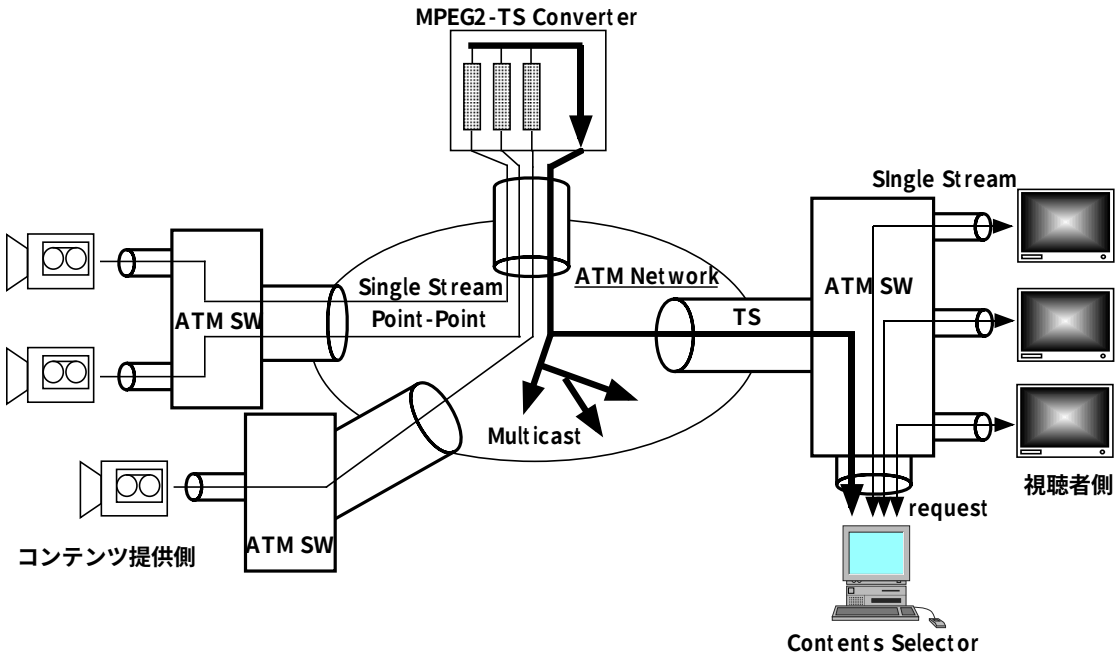


図 3.2: Contents Selector

3.1.5 機器間接続管理機構の設置

複数のコンテンツ提供側と MPEG2-TS Converter 間のコネクションは、あるコンテンツ提供ノードが予約している時間帯が開始、終了する度に変更される。この経路確保を行うために、通信網に接続されている機器の情報を管理し、機器間の接続を行う専用のノードを設置する。Service Manager はこのノードに接続依頼する形をとる。

3.2 全体構成

提案手法に必要なノードと、コンテンツ提供側、視聴者側を含む全体構成を図 3.3に、各ノード間でやりとりされるメッセージ一覧を図 3.4に示す。

3.2.1 各ノードの動作

動作の段階としては、

- MPEG2-TS Converter の利用可能資源量を Service Manager へ登録 (初期登録)

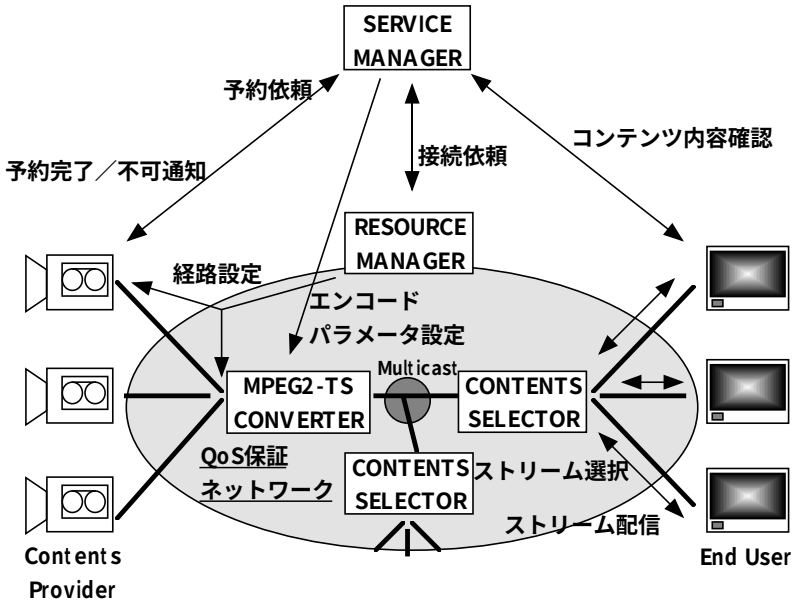


図 3.3: 提案手法の概要

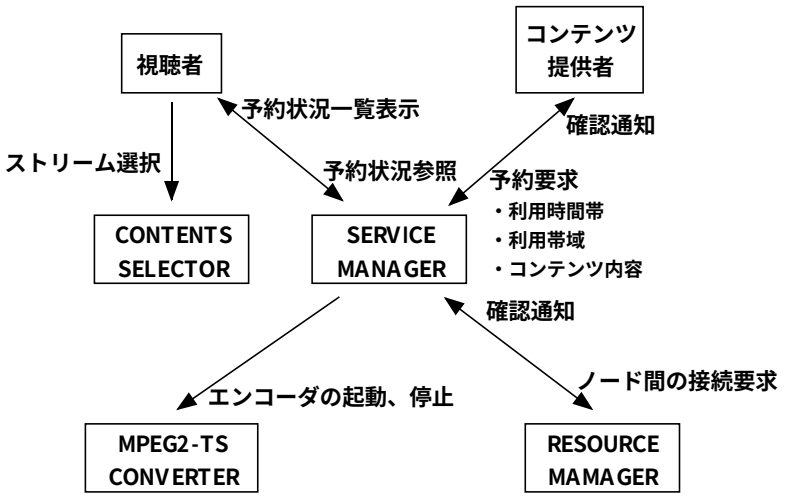


図 3.4: メッセージ一覧

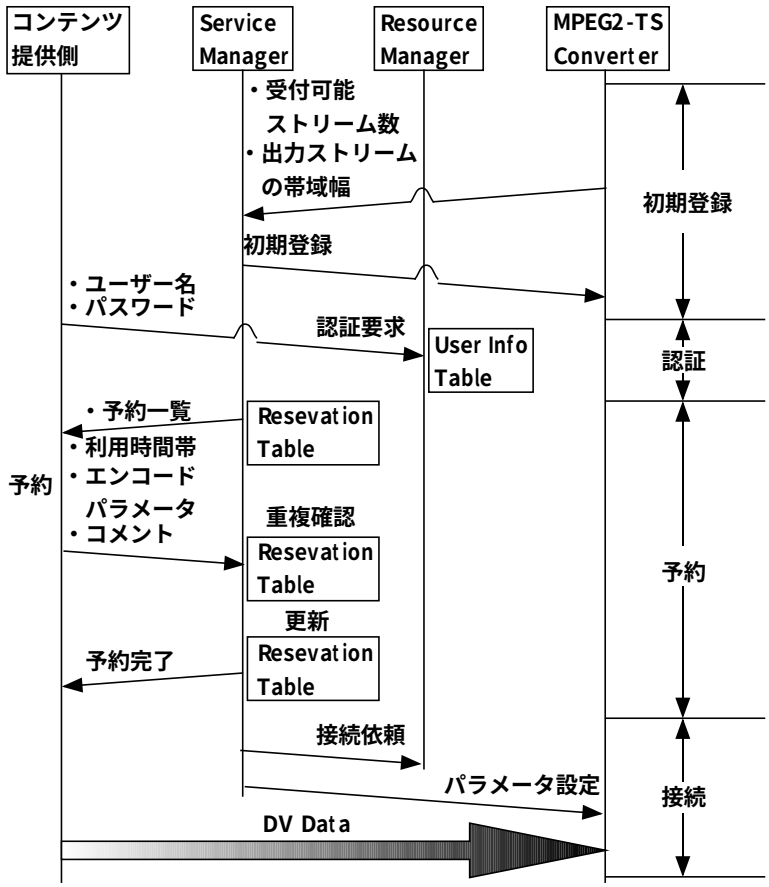


図 3.5: 動作フロー

- コンテンツ提供側が通信網を利用してコンテンツを流すための認証を受ける
- MPEG2-TS Converter を利用するための予約
- 予約時間帯になると、Service Manager はコンテンツ提供側と MPEG2-TS Converter 間を接続するように管理機構へ依頼する。

という 4 段階に分けられる。(図 3.5)

初期登録段階では、MPEG2-TS Converter の同時刻に受付け可能な最大ストリーム数、形成された TS の最大帯域幅のパラメータを Service Manager に登録する。Service Manager は、登録された資源量を参考にして予約受付の際の決定を下す。

認証段階では、ベースとなっている JAIST VideoLAN 経由でコンテンツを流すことの許可を受ける。各コンテンツ提供側の情報や、現在の接続状況などは全て Resource Manager によって管理されている。

予約段階でコンテンツ提供側は、Service Manager に対して、利用時間帯、エンコードパラメータ、コンテンツに対するコメントを入力する。Service Manager は予約テーブルの中からその時間帯が空いているかどうかを調べ、利用可能であれば予約テーブルに書き込み、コンテンツ提供側へ予約完了のメッセージを返す。

予約が完了し接続の時間が来ると、Service Manager は Resource Manager に対して、コンテンツ提供側と MPEG2-TS Converter 間の接続を依頼する。同時に MPEG2-TS Converter のエンコーダに対してエンコードパラメータを設定し、起動するように命令を出す。

第 4 章

実システムへの適用

前章で、ネットワークを利用したコンテンツの視聴や提供を行う際に発生しうる問題に対して、提案手法による具体的な解決方法を示した。本章では提案手法を、現在本学で稼働中の JAIST VideoLAN システム [9][10][11] に適用する方法について述べる。

4.1 JAIST VideoLAN システム

JAIST VideoLAN システムは、現在家電機器の高速インターフェースとして普及し始めている IEEE1394 を備えたビデオカメラ等で映した映像を、ネットワーク経由で視聴可能なシステムである。映像フォーマットとして DV を用い、ネットワークの基幹部分は、映像、音声データなどの遅延や揺らぎに弱いデータの QoS 保証が可能な ATM を用いている。これにより、高品質な映像をネットワーク経由で配信することが可能である。JAIST VideoLAN システムは図 4.2のような構成となっている。ユーザー側と、基幹部分のネットワークをブリッジングする Terminal System と、各 Terminal System に接続されている DV 機器の情報などを管理する Resource Manager で構成される。また、各制御メッセージは ATM ネットワーク中を CLIP(Classical IP over ATM) 技術を用いてノード間で交換される。Resource Manager は、各 Terminal System に対して接続要求を出すことの出来る唯一のノードであり、現在はマトリックススイッチャの GUI 画面から操作が可能である。

JAIST VideoLAN システムは、ネットワーク経由で映像を配信する基本要素を備えている。このシステムに対して提案手法を組み込む方法を以下に示す。

4.2 Resource Manager による接続管理

JAIST VideoLAN の Resource Manager の内部は、各 Terminal System へ命令を出す DCS(Device Control Server) と、DV 機器の情報を蓄えるデータベース、さらにユーザーインターフェースを提供するための Web サーバーで構成される (図 4.1)。内部のデータベースに、個々の Terminal System を識別するための IP アドレスと名称、さらに現在接続されている DV 機器のノードユニーク ID を記録する (図 4.2)。Resource Manager はこれらの情報をもとに、各ノード間を接続するメッセージを Terminal System に送る。接続を行う際のメッセージの書式は、

CONNECT 送信元ノードユニーク ID(srcUID),送信先ノードユニーク ID(dstUID)

で表される。表 4.1に Resource Manager から Terminal System へのコマンド一覧を示す。

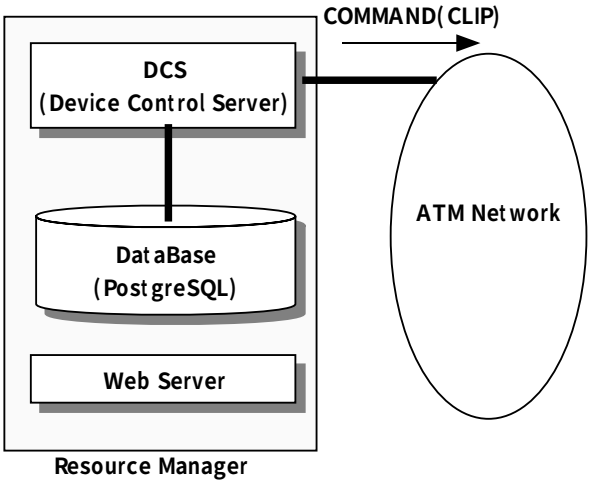


図 4.1: Resource Manager の詳細

Resource Manager を提案手法における経路設定を行うノードとして扱い、Service Manager はこのノードに接続依頼する形をとる。したがって、ユーザーインターフェースを提供する Web サーバーに代って、Serrvice Manager からのメッセージを受付けるサーバープロセスが必要となる。

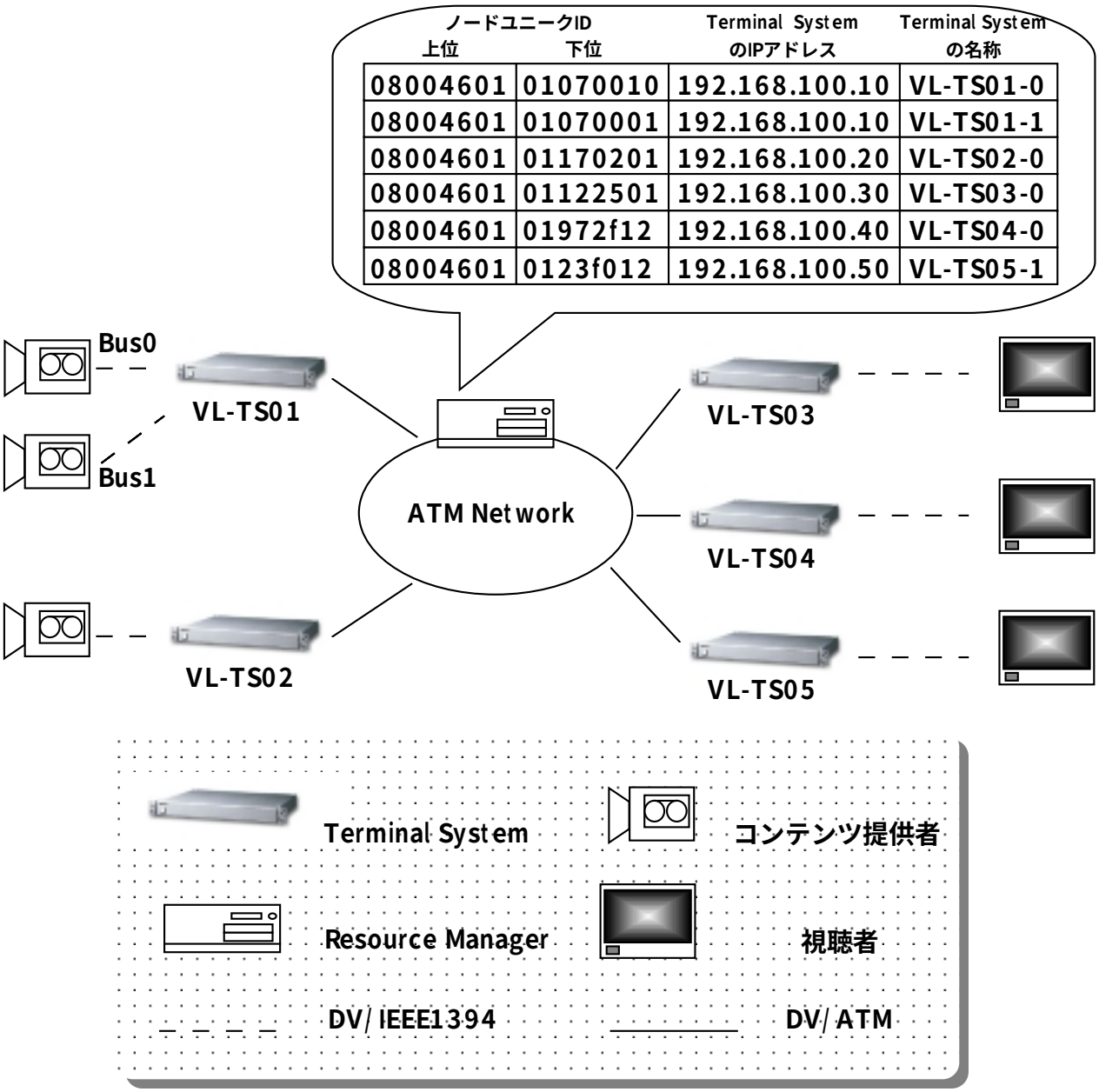


図 4.2: JAIST VideoLAN System

表 4.1: Resource Manager から Terminal System へのコマンド一覧

コマンド名	機能
GETCONF	Video LAN 内の機器の一覧を得る
CONNECT srcUID dstUID	srcUID で指定した DV 機器から dstUID で指定した DV 機器に向かってコネクションを張る
DISCONNECT srcUID dstUID	srcUID から dstUID に向かって張られているコネクションを切断する
CONNECTBYALIAS TSNAME-A TSNAME-B	エイリアス名 TSNAME-A に繋がっている DV 機器から TSNAME-B に繋がっている DV 機器に向かってコネクションを張る
DISCONNECTBYALIAS TSNAME-A TSNAME-B	エイリアス名 TSNAME-A に繋がっている DV 機器から TSNAME-B に繋がっている DV 機器に向かって張られているコネクションを切断する
GETCONNECTION UID	UID で指定された DV 機器に対してどのようなコネクションが張られているかを返す
PANIC	システムリセット

4.3 各ノードの詳細

前章で述べた各ノードの動作を実現するために、各ノードの詳細について述べる。

4.3.1 Service Manager の動作フロー

Service Manager は、ユーザーインターフェースを提供する Web サーバーと、予約状況を蓄積する SQL、そしてデータベースを定期的に監視し MPEG2-TS Converter と Resource Manager に命令を出すプロセスが起動している。(図 4.3)

HTTP プロセスと SQL プロセス間の動作を図 4.4に示す。コンテンツ提供側からの利用要求に対して、Web のプロセスは入力された利用時間帯、パラメータに誤りが無いかを確認する。この確認によって、エンコード開始時間と終了時間の逆転など不正な入力を防ぐ。入力値に誤りが無ければ、予約状況を保持しているデータベースに重複がないかを問い合わせる。重複が無ければ新たな予約データを書き込み、コンテンツ提供側に予約完了のメッセージを返す。

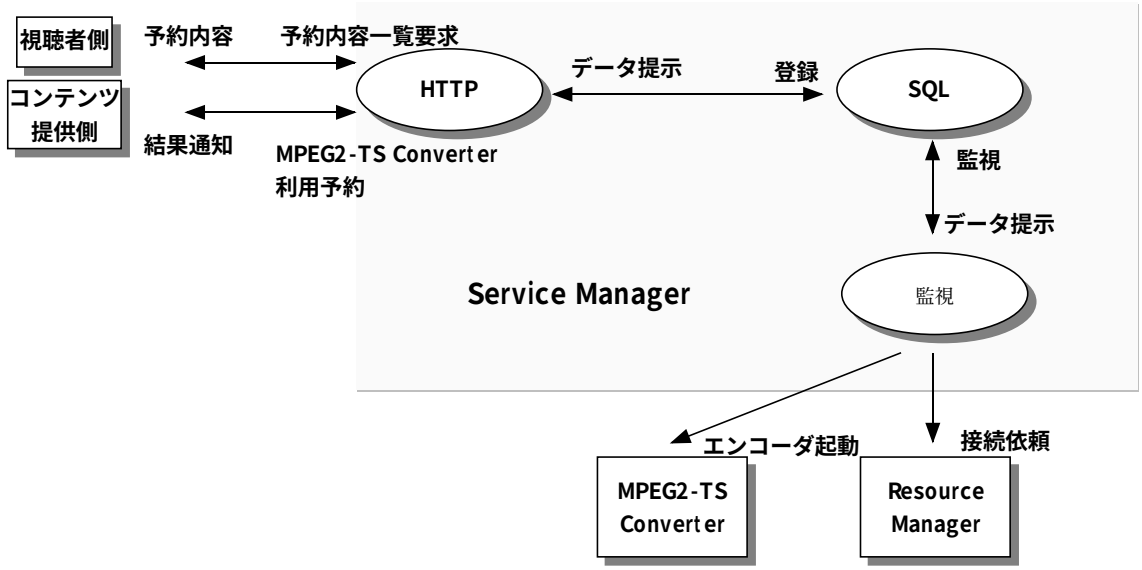


図 4.3: Service Manager 内のプロセス

監視プロセスは一定時間間隔で SQL が保持しているデータを取出し、現在時刻とデータを比較する。もし、現在時刻と一致する予約項目があった場合、データベース内のエントリに記述されているエンコードパラメータと、エンコーダ番号を引数にして MPEG2-TS Converter を起動する。(図 4.5)

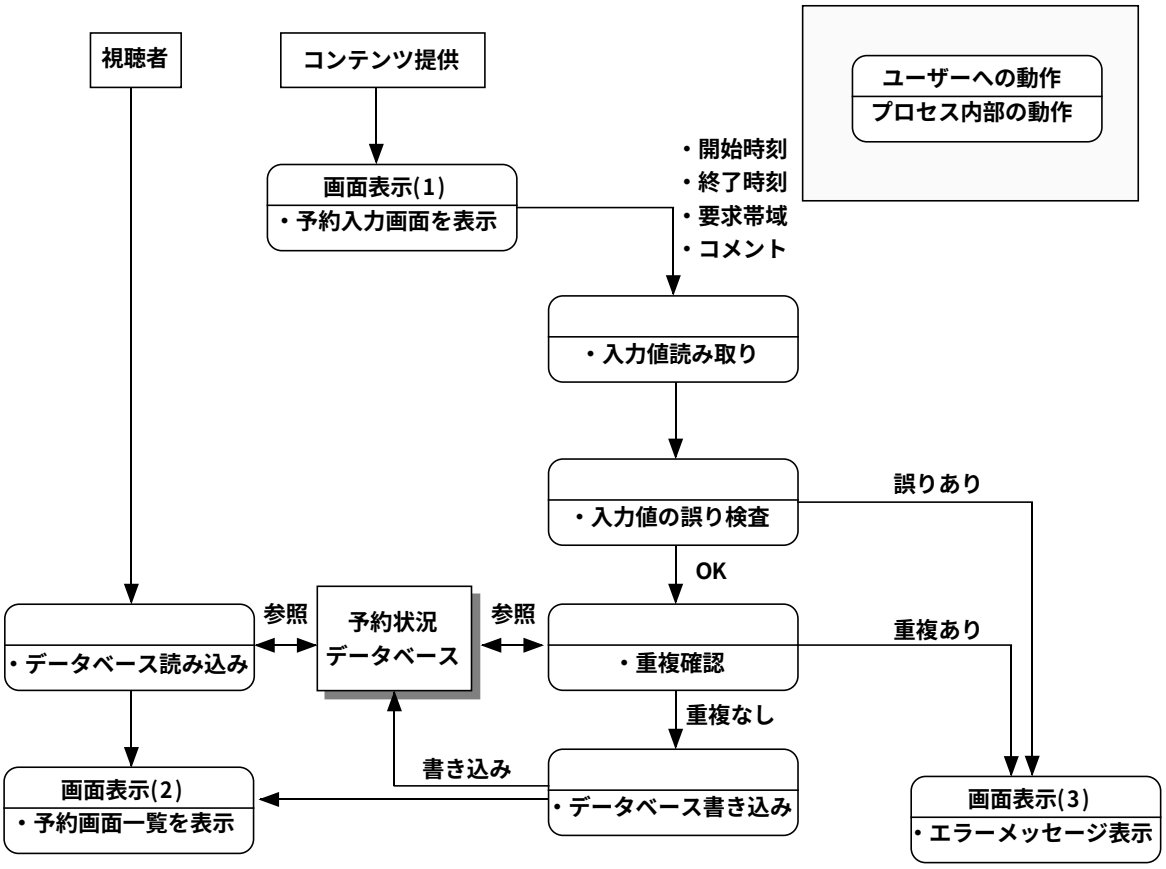


図 4.4: HTTP プロセスと SQL 間の動作フロー

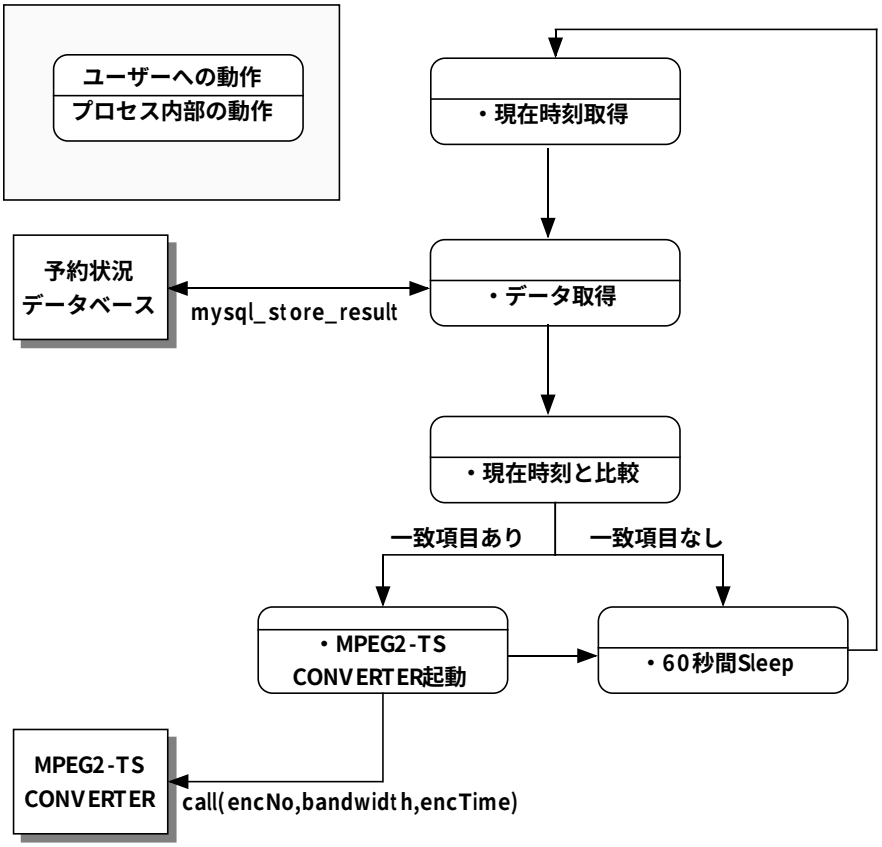


図 4.5: 監視プロセスと SQL 間の動作フロー

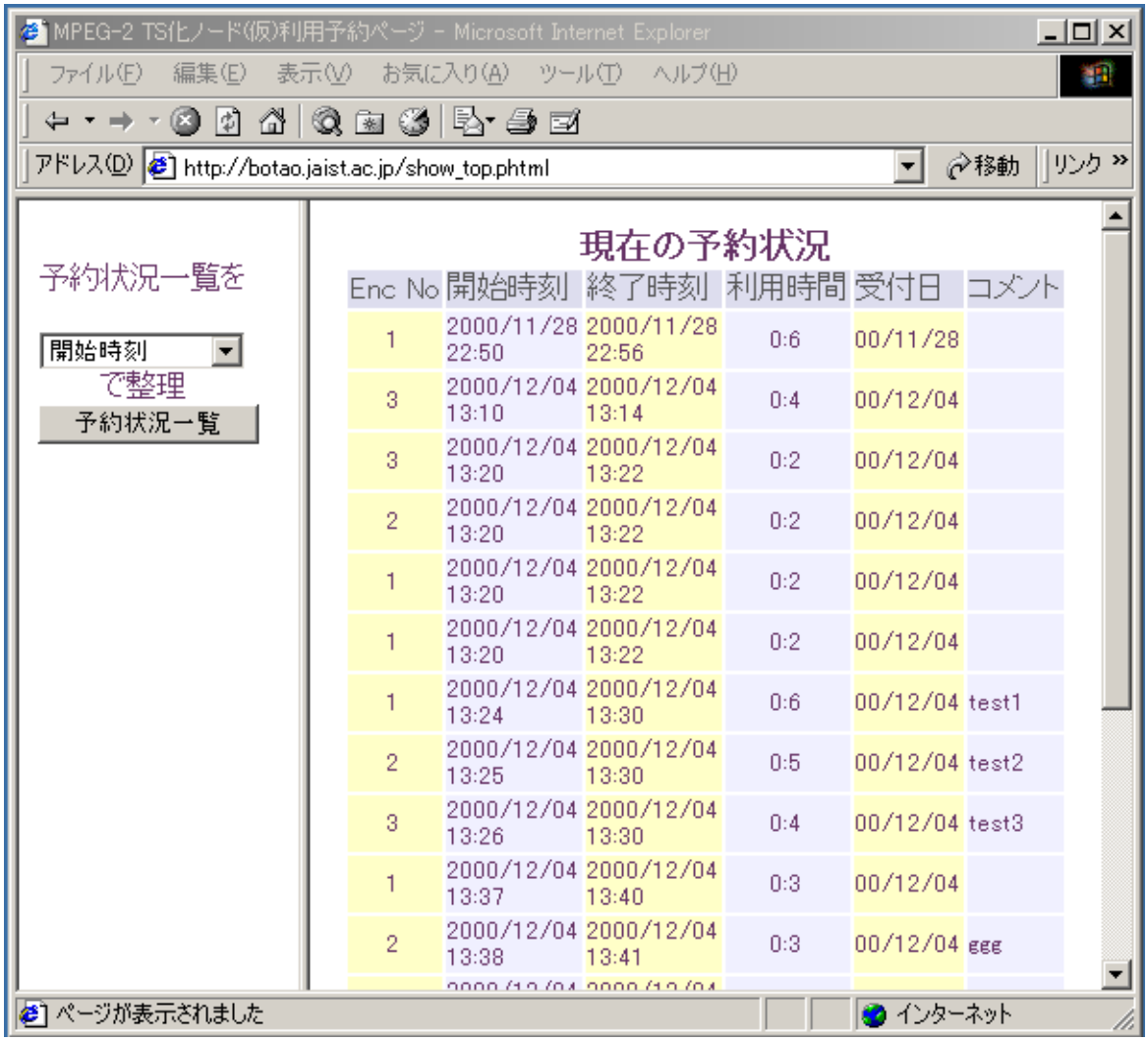
表 4.2: 各ノードの機器構成と機能

ノード名	機器構成	機能
SERVICE MANAGER	DELL OptiPlex GN+ intel MMX Pentium 233MHz 128MB RAM FreeBSD 4.1Release	· MPEG2-TS Converter 利用予約受付 · 予約状況提示 ·MPEG2-TS Converter 起動
MPEG2-TS CONVERTER	intel Pentium III 700MHz × 2 128MB RAM Windows NT 4.0 NTT Electronics RM300-M × 3 NTT Electronics PW150GI/SM	·MPEG2 変換 ·TS 形成
CONTENTS SELECTOR	DELL OptiPlex GN+ intel MMX Pentium 233MHz 128MB RAM Windows NT 4.0 NTT Electronics RD200 NTT Electronics PW150GI/SM	·TS 受信 ·TS 分離 ·TS 配信
RESOURCE MANAGER	DELL OptiPlex GN+ intel MMX Pentium 233MH FreeBSD	·JAIST VideoLAN に接続されているノードの状態管理 · 各ノードの接続、解放

図 3.3に提案手法の概要と各ノードの詳細を表 4.2に示す。

MPEG-2 TS CONVERTER 利用予約ページ - Microsoft Internet Explorer
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H)
アドレス(D) http://botao.jaist.ac.jp/SampleIndex.phtml
移動
リンク
MPEG-2 TS CONVERTER 利用予約
Date-2000:12/27
開始時刻
2001 年 03 月 12 日 03 時 00 分
終了時刻
2001 年 03 月 12 日 03 時 30 分
ビットレート
手動設定: 管理者に任せる:
9.0 Mbps
コメント
Submit
予約状況一覧を見る
管理者用ページ
Copyright (C)2000 Yosioka Masami. All Rights Reserved.
インターネット

図 4.6: 予約入力画面



Enc No	開始時刻	終了時刻	利用時間	受付日	コメント
1	2000/11/28 22:50	2000/11/28 22:56	0:6	00/11/28	
3	2000/12/04 13:10	2000/12/04 13:14	0:4	00/12/04	
3	2000/12/04 13:20	2000/12/04 13:22	0:2	00/12/04	
2	2000/12/04 13:20	2000/12/04 13:22	0:2	00/12/04	
1	2000/12/04 13:20	2000/12/04 13:22	0:2	00/12/04	
1	2000/12/04 13:20	2000/12/04 13:22	0:2	00/12/04	
1	2000/12/04 13:24	2000/12/04 13:30	0:6	00/12/04	test1
2	2000/12/04 13:25	2000/12/04 13:30	0:5	00/12/04	test2
3	2000/12/04 13:26	2000/12/04 13:30	0:4	00/12/04	test3
1	2000/12/04 13:37	2000/12/04 13:40	0:3	00/12/04	
2	2000/12/04 13:38	2000/12/04 13:41	0:3	00/12/04	ggg

図 4.7: 予約一覧表示

第 5 章

システムの評価

提案手法を用いることで、コンテンツ提供側とネットワークへの負荷がどの程度軽減されるかを示す。ネットワークへの負荷は、ATM 交換機がエンドノードの出すシグナリングメッセージを処理する量に依存する。そこで、ATM ネットワークにおける SVC シグナリングの詳細を説明し、シグナリングが行われる際のメッセージ量を定量化する。定量化されたメッセージ量と、ATM 交換機が処理可能なメッセージ量を比較し、1 台の ATM 交換機に収容可能な加入者数を、既存の手法と提案手法で比較する。

5.1 ATM 交換機における SSCOP 処理性能の定量化

ATM のプロトコルスタックは、データ転送、フロー制御、誤り制御とその他のユーザー機能を扱うユーザー平面 (User Plane) と、コネクション管理を司る制御平面 (Control Plane) を持ち、図 5.2に示すような三次元で表示される。図 5.2では、SVC を用いたシグナリングの際に、端末から発生したシグナリングメッセージは Control Plane で処理が行われ、相手との接続が確立された際には、User Plane を通ってデータ通信が行われることを示している。データ通信が行われている最中も、リンクが正常に機能しているかどうかを監視する制御メッセージが Control Plane 内で処理されている。SVC シグナリングの際に発生するメッセージは、図 5.1に示す Q.2931、B-ISUP で規定され、主にリンクが正常であることを監視するメッセージは、SSCOP(Service Specific Connection Oriented Protocol)[12] で規定されている。

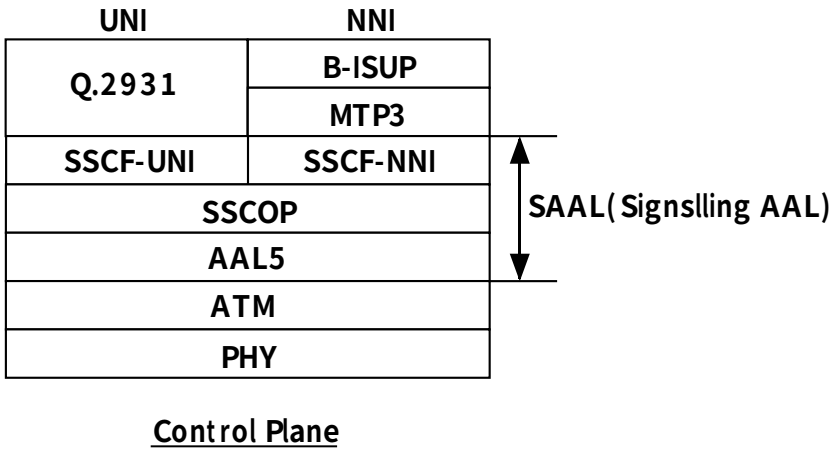


図 5.1: ATM-SVC のプロトコルスタック

5.1.1 UNI、NNI メッセージ

SVC では、ATM エッジデバイス間のバーチャルコネクション (VC) が自動的に設定される。このとき、通信を開始するエッジデバイスは、通信相手の ATM アドレスを引数にして、自分が直接接続されている ATM スイッチに対して VC を張るよう依頼する。これを UNI シグナリング [13] と呼ぶ。表 5.1に UNI シグナリングメッセージの一覧を示す。

エッジデバイスからの UNI シグナリングメッセージを受信した ATM スイッチは、接続先が同一 ATM 交換機上に存在した場合にはメッセージをその接続相手に届ける。接続先が他の ATM スイッチ上のノードであった場合は、ATM ネットワークに対して通信相手との VC を張るよう依頼する。これを NNI シグナリングと呼ぶ。

ATM Forum は、Q.2931[14] の前のドラフトである Q.93b をもとに UNI シグナリングを標準化した UNI3.0 があり、現在広く利用されている。また Q.2931 をもとにした UNI3.1、さらに UNI に QoSNegotiation 機能を付け加えた UNI4.0 を標準化している。

UNI3.0、3.1 が提供する主な機能として、

- 必要に応じて VC を設定、解除する demand channel connection
- 一対一、一対多の SVC が可能
- 通信クラス、QoS パラメータの設定

が挙げられる。

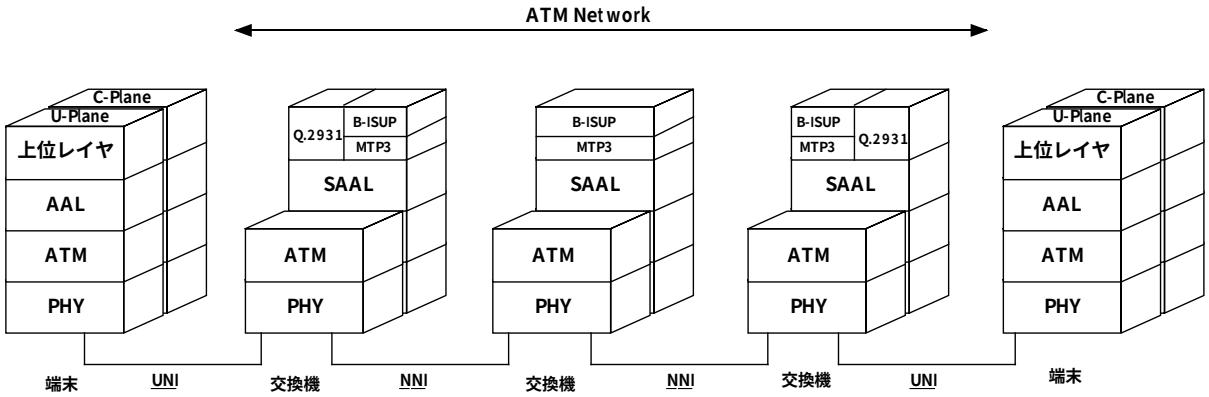


図 5.2: メッセージ処理のレイヤ構造

表 5.1: UNI シグナリングメッセージ

Message		機能
Call establishment	SETUP	コネクションの設定を要求
	CALL PROCEEDING	コネクションの設定を開始
	CONNECT	コネクションの設定要求を受け入れ
	CONNECT ACKNOWLEDGE	CONNECT に対する確認
Call clearing	RELEASE	コネクションのクリアを要求
	RELEASE COMPLETE	コネクションクリアが完了
Miscellaneous	STATUS ENQUIRY	コネクションの状態を尋ねる
	STATUS	コネクションの状態を返す
Gloval call reference	RESTART	全 VC を restart
	RESTART ACKNOWLEDGE	RESTART に対する確認
Point-to-multipoint operation	ADD PARTY	既存のコネクション party を加える
	ADD PARTY ACKNOWLEDGE	ADD PARTY に対する確認
	ADD PARTY REJECT	ADD PARTY 要求を拒否
	DROP PARTY	既存のコネクションから party を削除
	DROP PARTY ACKNOWLEDGE	DROP PARTY に対する確認

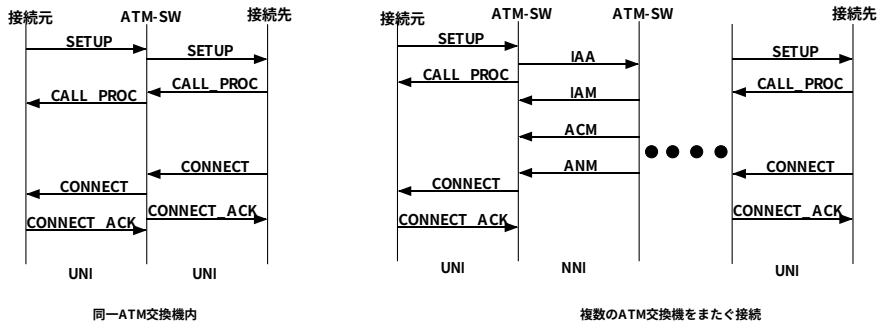


図 5.3: UNI、NNI メッセージ

5.1.2 SSCOP による POLL、STAT メッセージ

SSCOP の機能としては、

- 転送順序保証
- 選択再送によるエラー訂正
- フロー制御
- レイヤマネージメントへのエラー通知
- キープアライブ
- ローカルデータ収集
- コネクション制御
- ユーザーデータ転送
- プロトコルエラー検出と回復
- 状態通知

が挙げられ、上位レイヤのメッセージを SSCOP のユーザーフレームとして宛先まで届ける際に、信頼性のある転送を保証する。SSCOP は、一連の通信 (コネクションセットアップ、通信、コネクション解放) が終了するまでの間信号リンクが正常であることを周期的に監視する。監視方法として、SSCOP のユーザーフレームとは独立した POLL、及びその確認通知である STAT フレームの送受が行われる。

Q.2931 のメッセージを乗せる SSCOP のユーザーフレームが送出され、接続相手からの応答を待つ間、POLL フレームは一定間隔で送出される。POLL フレームの送出間隔は、コネクションセットアップ、解放時と、通話中で異なるタイマを持ち、Q.2130 では推奨値として、それぞれ 0.75[sec](以下 Timer_POLL_UNI)、15[sec](以下 Timer_IDLE_UNI) が設定されている。

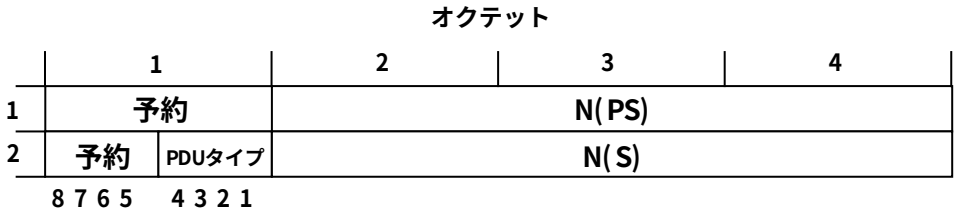


図 5.4: POLL-PDU

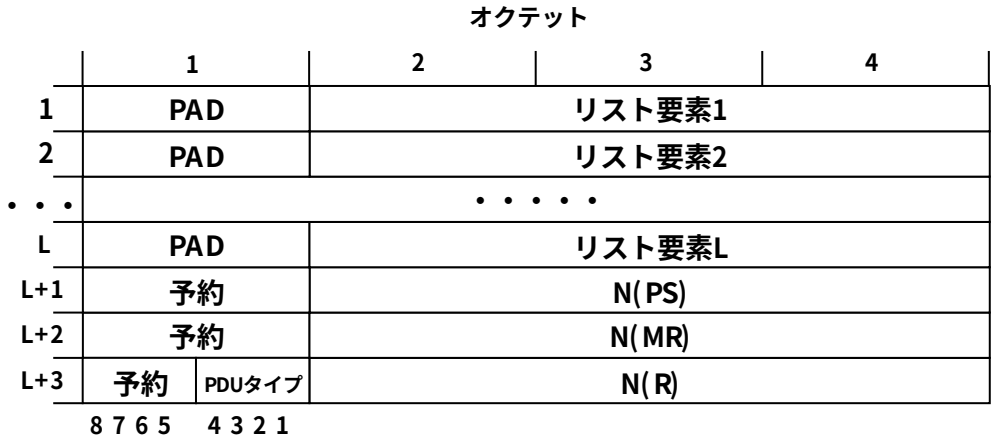


図 5.5: STAT-PDU

POLL、STAT-PDU(Protocol Data Unit) のフレームフォーマットを図 5.4、5.5に示す。POLL-PDU は、相手同位 SSCOP エンティティについての状態情報を SSCOP コネクションを介して要求するために使用される。SD-PDU のフレームには、シーケンス番号 N(S) と、それに関連したポールシーケンス番号である N(PS) が含まれる。SD-PDU は、SSCOP ユーザーから与えられる情報フィールドを、通し番号つきの PDU として、SSCOP コネクションを介して転送するために使われる。STAT-PDU は、相手同位 SSCOP エンティティから受信した状態要求 (POLL-PDU) への応答に使用される。応答の内容としては、

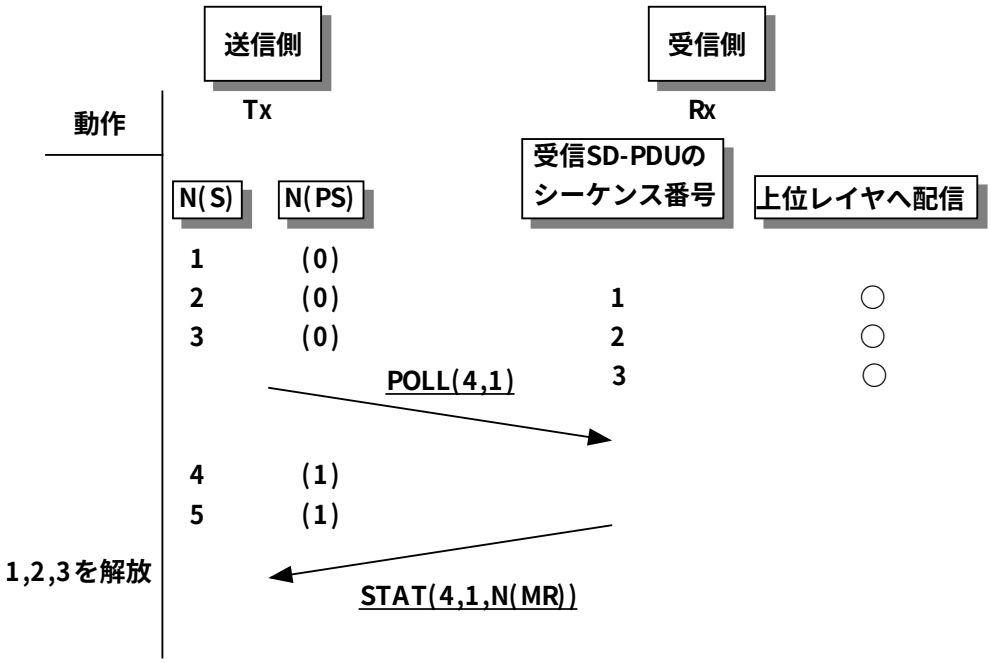


図 5.6: 誤り無しの場合の動作

どの SD-PDU が正常に受信され、どの SD-PDU が損失したといったような SD-PDU の受信状態に関する情報と、相手同位エンティティの送信側のためのクレジット情報、この STAT-PDU を送信する契機となった POLL-PDU のシーケンス番号 (N(PS)) が含まれる。

図 5.6は、送信側から受信側まで、誤り無く SD-PDU が送信された場合の POLL、STAT フレームの送受である。送信側は、送られた SD-PDU フレームの番号を N(S) に記録しておく。受信側は、SD-PDU を順調に受け取り、上位レイヤへ配信する。各 SD-PDU は個々には受信確認されず、POLL-PDU への応答として受信側に送られる STAT-PDU によっていくつかの SD-PDU がまとめて受信確認される。図 5.6に示す例では、送信側が N(S)=3 の SD-PDU を送信した後で、POLL フレームが送信されている。POLL フレームは送信側の現在の SD-PDU のシーケンス番号である 4 と、ポールシーケンス番号である 1 をそれぞれ N(S)、N(PS) に格納して、受信側へ送る。POLL-PDU の応答として、受信側は、現在受信した最も新しい SD-PDU のシーケンス番号と、送信側が送ってきたどの POLL-PDU に対しての応答かを示すために、POLL-PDU に含まれる N(PS) の値を STAT フレームに乗せる。さらに、受信可能な最大の SD-PDU のシーケンス番号 N(MR) を付加し、もし、受信出来なかった SD-PDU があればそのリスト要素を加えて、送信者側へ送る。

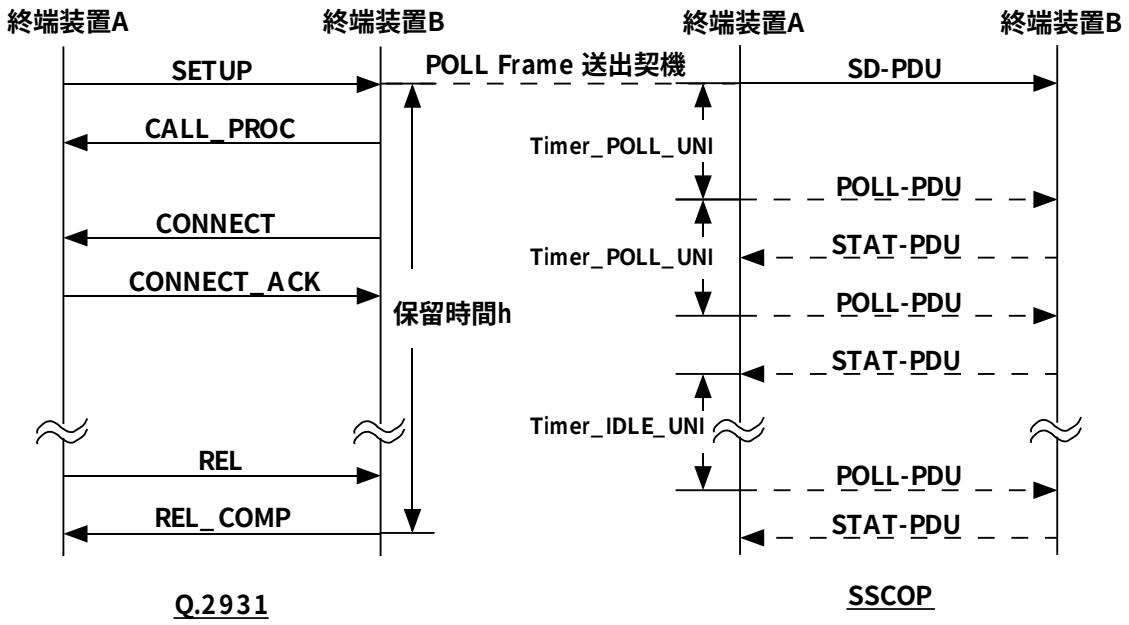


図 5.7: ATM-UNI フレームと POLL、STAT の動作

5.1.3 加入者リンクにおけるフレーム処理性能の定量化

図 5.7より、ある加入者がシグナリングを行う際に処理しなければならない SSCOP フレーム数は以下のように定量化できる。なお、シグナリングの一連の動作において、伝送路でのフレームの損失は無いものとする。

コネクションセットアップ時に、Q.2931 により生成されるメッセージは、SETUP、CALL_PROC、CONNECT、CONNECT_ACK の 4 個である。このとき、最初の SD-PDU メッセージに対して POLL、STAT メッセージが Timer_POLL_UNI 間隔で起動される。タイマ起動中に他の SD-PDU メッセージが流れた場合、そのメッセージの送達確認もまとめて行われる。図 5.7より、1 個の SD-PDU フレームの送達確にはタイマが 2 回起動される必要があり、その間に送受される POLL、STAT フレームは 4 個となる。

コネクションが確立され、接続相手と主となる情報を転送している時は、接続相手のリンクが正常であることを監視するために、Timer_IDLE_UNI 間隔で POLL、STAT フレームが転送される。このとき、一回のタイマ起動により加入者と交換機側でそれぞれ POLL、STAT フレームが送受信されるので、Timer_IDLE_UNI 間に合計 4 個のフレームが送受信されることになる。

コネクション解放時には、REL、REL_COMP メッセージが送受信される。この時に

表 5.2: 一連の動作において、送受信されるフレーム数

状態	SD-PDU	POLL,STAT
コネクションセットアップ時	4	4×4
実データ送信中	0	4/Timer_IDLE_UNI
コネクション解放時	2	2×4
合計	6(N_{SD} とする)	24($N_{PS/POLL}$ とする) + 4($N_{PS/IDLE}$ とする)/Timer_IDLE_UNI

送受信される POLL、STAT フレーム数は、コネクションセットアップ時と同じで、各 SD-PDU メッセージにつき 4 個となる。

以上より、各状態における SD-PDU と POLL、STAT フレームの個数は、表 5.2に示す値となる。

ここで、加入者の呼率を C、保留時間を h とすると、1 信号リンクにおける 1 秒あたりの平均 SD フレーム数は、

$$\alpha_{UNI,SD} = \frac{C}{h} \times N_{SD} \tag{5.1}$$

となる。1 秒あたりの平均 POLL、STAT フレーム数は、

$$\alpha_{UNI,P/S} = \frac{C}{h} \times N_{P/S,POLL} \times N_{SD} + \frac{N_{P/S,IDLE}}{Timer_IDLE_UNI} \times (h - Timer_POLL_UNI \times N_{SD}) \tag{5.2}$$

となる。

1 信号リンクにおける 1 秒あたりの平均フレーム数は、

$$\alpha_{UNI} = \alpha_{UNI,SD} + \alpha_{UNI,P/S} \tag{5.3}$$

ある 1 台の ATM 交換機に収容される加入者の数を N_{UNI} とすると、ATM 交換機が 1 秒間に必要となるフレーム処理量は、

$$Capa_{UNI} = N_{UNI} \times \alpha_{UNI} \tag{5.4}$$

となる。

5.1.4 中継信号リンクにおけるフレーム処理性能の定量化

エッジデバイスからの接続要求先が他の ATM スイッチであった場合には、NNI??を用いてメッセージが転送される。図 5.3に示すとおり、エッジデバイスからのセットアップ

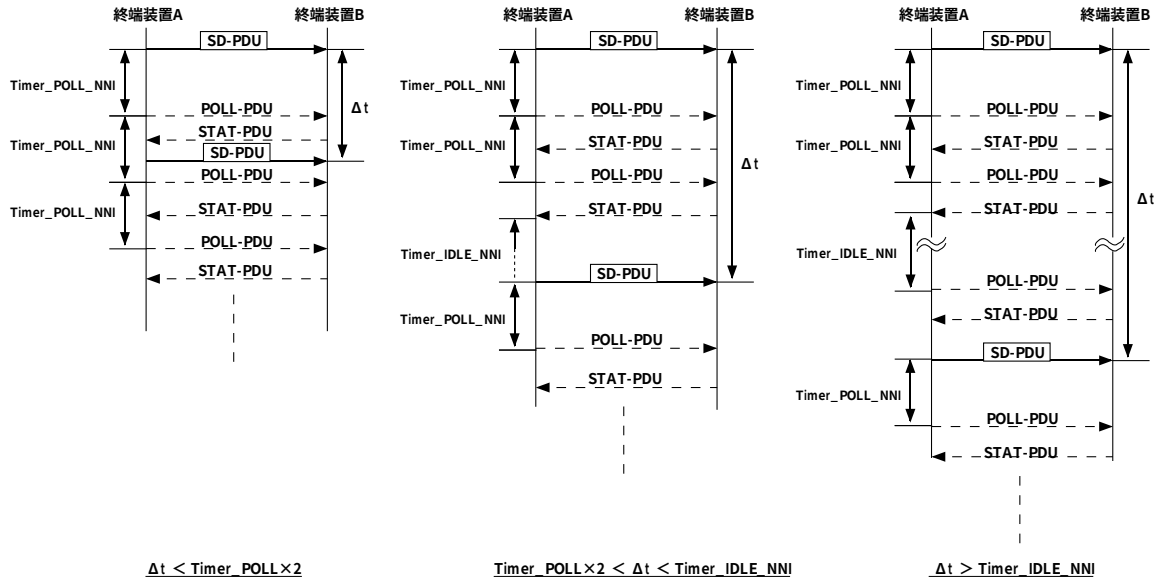


図 5.8: ATM-NNI フレームと POLL、STAT の動作

メッセージを契機に、B-ISUP 手順に従い IAA、IAM、ACM、ANM 及びコネクション解放時に REL、RLC のメッセージが転送される。

ATM 交換機が収容する SVC 加入者の数を N_{UNI}、呼率を C、平均保留時間を h[sec] とおくと、全中継信号における 1[sec] あたりの平均 SD フレームの数は、

$$\alpha_{NNI,SD} = \frac{C \times N_{UNI}}{h} \times (1-b) \times N_{SD} \tag{5.5}$$

となる。b は接続相手が同一交換機に存在する場合の割合を示す。

このメッセージと SSCOP が出す POLL、STAT フレームの関係は加入者リンクでの動作と同じである。しかし、中継リンクでは、複数のエッジデバイスからのコネクションセットアップメッセージが流れるため、メッセージの送出間隔が異なり、それに伴って POLL、STAT のフレーム数も異なる。

中継信号リンクにおける SD フレームの送出間隔を Δt と置くと、図 5.8に示すとおり、POLL、STAT フレームの送出契機は以下の 3 つのケースに分けられる。

- Case1:$\Delta t < Timer_POLL_NNI \times 2$ の場合
  POLL、STAT フレームは常に Timer_POLL_NNI 間隔で送出される。

- Case2:$Timer_POLL_NNI \times 2 < \Delta t < Timer_IDLE_NNI$ の場合
  2 回の Timer_POLL_NNI の起動によって最初の SD フレームの送達確認が行われ、

Timer_IDLE_NNI が起動される。Timer_IDLE_NNI 起動中に新たな SD フレームの送信が行われ、IDLE のタイマはキャンセルされる。そして、新たな SD フレームの送出を契機に Timer_POLL_NNI が起動される。

- Case3:$\Delta t > Timer_IDLE_NNI$ の場合
  1 個の SD フレームに対する送達確認が終わり、Timer_IDLE_NNI が起動される。そしてそのタイマ起動中にも新たな SD フレームが送信されること無く、Timer_IDLE_NNI は終了する。その後、新たな SD フレームが到着する。

以上より、各ケースにおける 1[sec] あたりの POLL、STAT フレーム数は、

- Case1:$\alpha_{NNI.P/S} = \frac{N_{P/S,POLL}}{Timer_POLL_NNI}$
- Case2: $\alpha_{NNI.P/S} = \frac{N_{P/S,POLL} \times 2}{\Delta t}$
- Case3:$\alpha_{NNI.P/S} = \frac{1}{\Delta t} \times \{N_{P/S,IDLE} \times \frac{(\Delta t - Timer_POLL_NNI \times 2)}{Timer_IDLE_NNI} + N_{P/S,POLL} \times 2\}$

なお、Timer_POLL_NNI、Timer_ILDE_NNI の値は、Q.2140 ではそれぞれ 0.1[sec]、1.5[sec] を推奨している。Δt の値は、中継信号リンクの総数を N_{NNI} とすると、

$$\Delta t = N_{NNI} \times \frac{2 \times h}{C \times N_{UNI} \times N_{SD} \times (1-b)} \tag{5.6}$$

となる。

ATM 交換機で必要となる 1[sec] あたりの平均フレーム処理数は、

$$Capa_{NNI} = \alpha_{NNI,SD} + N_{NNI} \times \alpha_{NNI,P/S} \tag{5.7}$$

以上より、1 台の ATM 交換機が 1[sec] あたりに処理しなければならない平均フレーム数は、

$$Capa = Capa_{UNI} + Capa_{NNI} \tag{5.8}$$

と表せる。

5.2 提案手法と既存の手法のフレーム処理量の比較

定量化された式を用いて、提案手法と既存の手法におけるメッセージ処理量から、収容可能な加入者数を検討する。提案手法と既存の手法における違いは、視聴者側がコンテンツの切り替えを行った場合に、ATM ネットワークへシグナリングメッセージが発生する

かどうかにあった。既存の手法では、視聴者側がある一つのコンテンツを試聴している時間が短いほど、コンテンツ切り替えは頻繁に発生することになる。そこで、比較する要素として、視聴者の平均視聴時間 h と、収容可能な視聴者数を取り上げる。

提案手法では、唯一他の ATM スイッチを経由してシグナリングが行われるノードは Contents Selector だけであり、視聴者は同一 ATM 交換機配下でのシグナリングが行われることになる。従って、視聴者が頻繁にコンテンツを切り替えたとしても、シグナリングメッセージは発生しない。しかし、視聴を行う前に、MPEG2-TS Converter から Contents Selector までの間のコネクションを張っておく必要がある。これは、Contents Selector に接続される視聴者の数が少ない場合は、シグナリングのオーバーヘッドが大きくなることを意味している。

提案手法を用いない場合、コンテンツを切り替える度に、今まで張っていたコネクションを解放し、新たにコネクションを張る必要がある。しかし、視聴者数や、コンテンツ提供ノードの数が少ない場合、あるいは、ある特定のコンテンツを長時間に渡って視聴する場合には、シグナリングのオーバーヘッドは小さい。

そこで、提案手法を用いた場合と、用いない場合の状態を 2 段階に分けて考察を行う。最初の段階は、コンテンツが視聴可能になる手前の初期化段階、次の段階は、実際にコンテンツを選んで視聴を行う視聴段階である。

初期化段階で、提案手法はマルチキャストシグナリングを行う。ルートノードとなる MPEG2-TS Converter が最初のマルチキャストグループのメンバーに対してコネクションを設定する。次に、ADD PARTY メッセージを順次他のメンバーに対して送信し、一対多のコネクションが完成する。セットアップメッセージは UNI、NNI を用いて中継される。提案手法を用いないシステムにおいて、初期化段階に特に必要な作業は無い。

視聴段階で、提案手法は同一 ATM 交換機内に存在する Contents Selector とコネクションを張り、視聴を行う。従って、シグナリングメッセージが NNI で転送される必要は無い。これに対して提案手法を用いない場合は、視聴者側がどのコンテンツをどれだけの時間視聴するのかという振る舞いが、ネットワーク全体への影響を左右する。

提案方法を用いない場合は、視聴者の平均視聴時間が短いと、頻繁なシグナリングメッセージの処理に追われて、収容可能な視聴者数は減少する。これに対して提案手法では、一度 Contents Selector に接続すれば、視聴者のコンテンツ切り替えとシグナリングメッセージの間に依存関係は無くなる。また、Contents Selector へ接続している時間の平均が長いほど収容可能な視聴者数も増加する。

ここで、視聴者がコンテンツを視聴する平均時間と、視聴者が収容される ATM 交換機 1 台に収容可能な視聴者数の関係についてのグラフを図 5.9に示す。収容可能な視聴者数は、

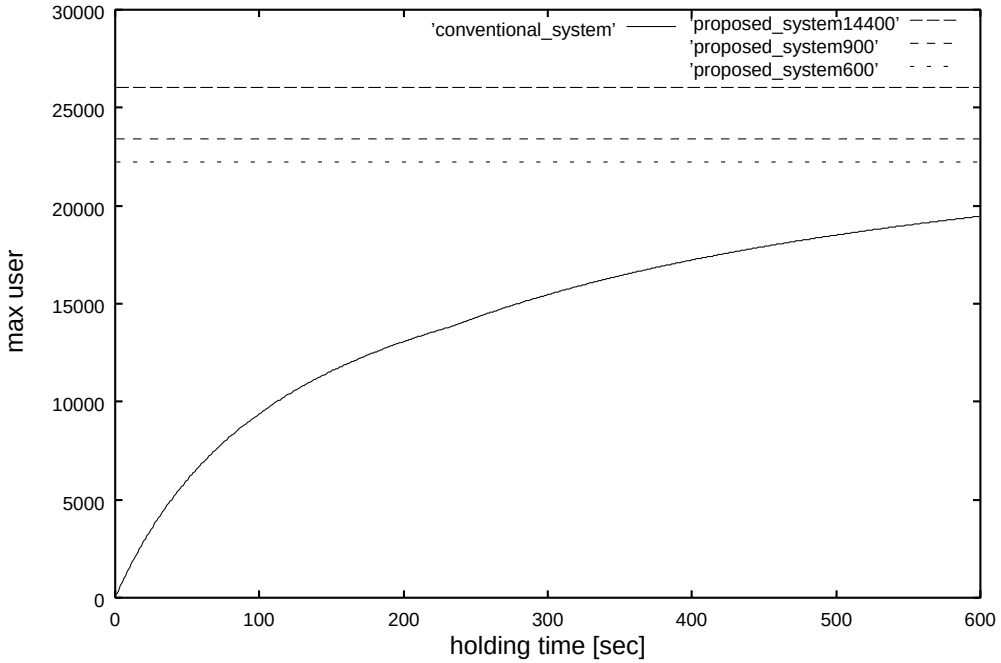


図 5.9: 平均視聴時間と収容可能視聴者数

個々の視聴者がコネクションセットアップの際に出すメッセージ量の総和と、ATM 交換機が単位時間あたりに処理可能なメッセージ量を 5000[frame/sec] として算出した。グラフには、現在の構成を用いた場合 (present_system) と、提案手法を用いた場合 (proposed_system) が示されている。proposed_system の後につく数字は、視聴者がコンテンツ切り替えサーバーに接続している平均時間を示す。

提案方法を用いない場合は、視聴者の平均視聴時間が短いと、頻繁なシグナリングメッセージの処理に追われて、収容可能な視聴者数は減少する。これに対して提案手法では、一度 Contents Selector に接続すれば、視聴者のコンテンツ切り替えとシグナリングメッセージの間に依存関係は無くなる。また、Contents Selector へ接続している時間の平均が長いほど収容可能な視聴者数も増加する。

第 6 章

検討及び考察

本章では、提案手法を用いる際の検討を行う。

6.1 提案手法を用いる際の検討項目

提案手法では、従来のシステムには存在しなかった複数のノードをネットワーク上に配置している。そして、コンテンツ提供側、視聴者側がそれらのノードを利用することで、ネットワークの効率的な利用を図り、破綻を避ける仕組みとなっている。

しかしながら、従来の方式で利用可能であったサービスが、提案手法では利用できないといった場合や、提案手法を用いることで新たな検討項目が生じる場合がある。そこで、提案手法に用いている各ノードに対する検討を行った。

6.1.1 MPEG2-TS Converter の規模に対する検討

提案手法において、コンテンツ提供側は、MPEG2-TS Converter を介してコンテンツ提供を行う仕組みとなっている。従って、MPEG2-TS Converter が同時刻に受付け可能なストリーム数によってコンテンツ提供側に制限がかかるといった問題がある。

MPEG2-TS Converter から Contents Selector 間と、Contents Selector から視聴者間ではそれぞれ、マルチキャストと、ローカルなユニキャストで接続されるため、通信網全体への負荷は少ない。しかしコンテンツ提供側と、MPEG2-TS Converter 間は、既存のサーバー、クライアントモデルと同じ形態をとっているため、コンテンツ提供側の規模が大きくなり、なおかつコンテンツ提供時間の平均が短くなると、MPEG2-TS Converter への頻繁なシグナリングメッセージが発生してしまうことになる (図 6.1)。通信網上に散在す

るコンテンツ提供側からのシグナリングメッセージは、MPEG2-TS Converter が接続される ATM 交換機に集中し、メッセージ処理の負荷を上昇させる。

以上より、MPEG2-TS Converter が、同時に受付け可能なストリーム数は、接続している ATM 交換機のシグナリングメッセージ処理能力に依存しており、ストリーム数の最大値を求める必要がある。

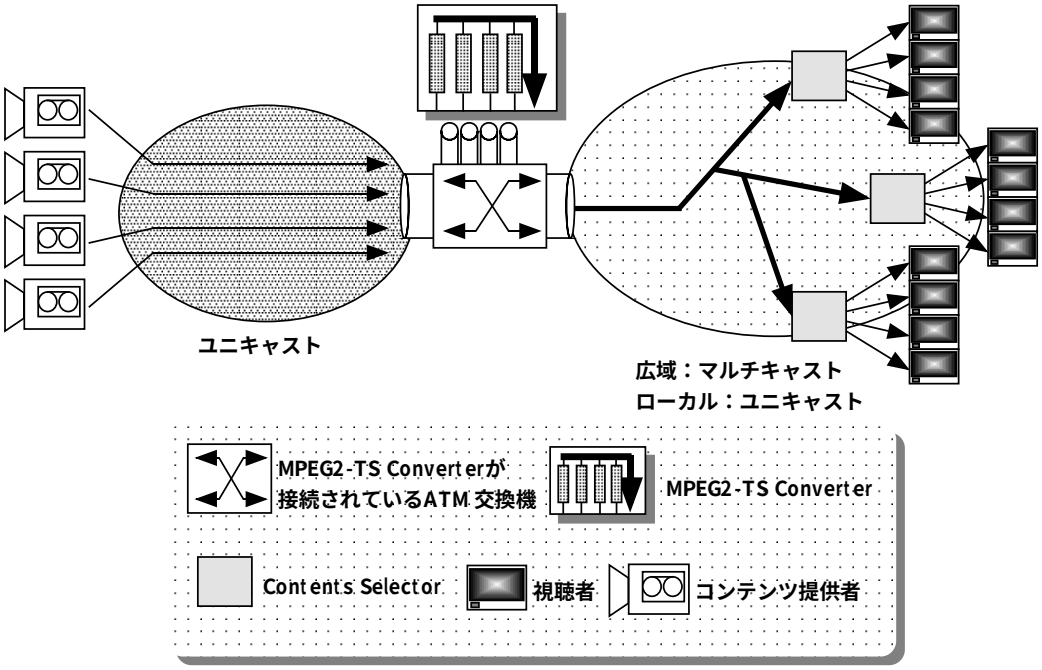


図 6.1: MPEG2-TS Converter 付近でのシグナリングメッセージの集中

MPEG2-TS Converter が接続されている ATM 交換機における、シグナリングメッセージの処理の大半はコンテンツ提供側から発生したものである。メッセージ処理量の限界から、収容可能な人数を求めると、図 5.9の conventional_system のグラフと同じ曲線を描く。ここで、コンテンツ提供側の平均提供時間を T_{offer} と置くと、この曲線は $N_{conv_sys}(T_{offer})$ と表すことができ、交換機側の処理限界による同時受付け可能な視聴者側の数を示す。さらに、MPEG2-TS Converter のエンコーダ数を有限な値 N_{en} と置くと、エンコーダ数は、

$$N_{en} = N_{conv_sys}(T_{offer}) \tag{6.1}$$

のとき、同時受付け可能なコンテンツ提供側の数は最大となり、

$$N_{en} < N_{conv_sys}(T_{offer}) \tag{6.2}$$

のとき、同時受付け可能なコンテンツ提供側の数は N_{en} が最大となる。図 6.2のグラフよりも下の領域に N_{en} が位置していれば、MPEG2 エンコーダは有効に使われる可能性がある。逆に N_{en} がグラフよりも上に位置した場合は、$N_{en} - N_{conv_sys}(T_{offer})$ 分のエンコード能力は無駄になってしまう。

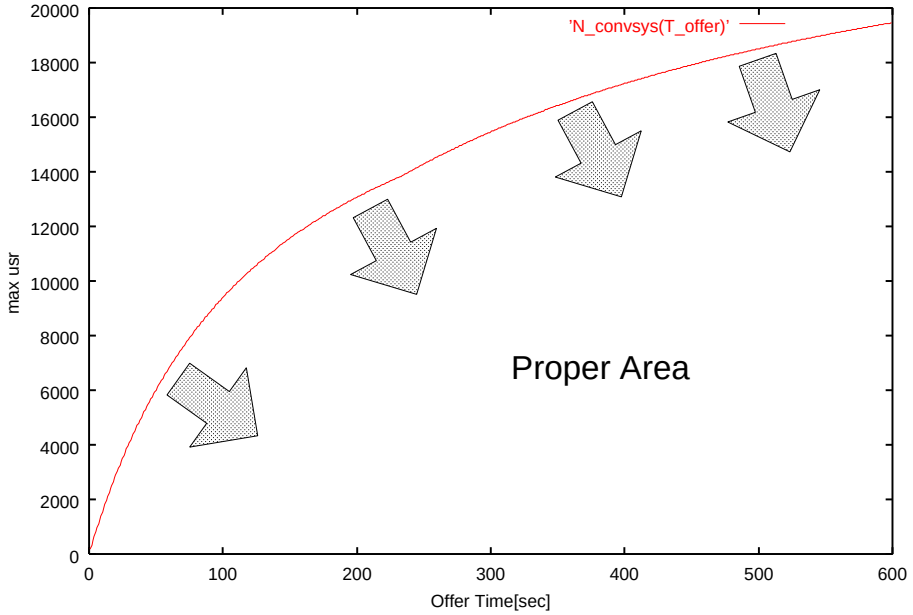


図 6.2: MPEG2-TS Converter が接続される ATM 交換機における収容可能人数

6.1.2 利用可能なサービスに対する検討

提案手法を用いることで、現在の構成と比較してネットワークに対する負荷、コンテンツ提供側の負荷を削減することが可能となり、結果として収容可能な視聴者数を増やすことができた。しかし、破綻が避けられないという理由でオンデマンド型の採用をやめ、放送型を採用した。これによって、個々の視聴者からのコンテンツに対する要求は一切受付けられなくなった。以下に、オンデマンド型と放送型の運用面での見解について述べる。

オンデマンド型は、視聴者数が変動しない場合には、サーバー、ネットワークの管理を比較的容易に行える。従って、ある管理ドメイン内に限定したシステムとしての運用は十分に可能である。利用例としては、学校内での講義を録画し、コンテンツとしてサーバーに蓄積しておき、生徒が復習のために繰り返し再生をするといった場合が挙げられる。

放送型は、全ての視聴者へ同一のコンテンツを届けるため、マルチキャストの技術を

用いれば、視聴者数が拡大した場合にも対応できる。さらに、コンテンツ提供側は、ストリームを提供できる機能だけを用意すれば良いといった利点があり、サーバー、ネットワークの管理の面で、オンデマンド型よりも有利である。本提案システムは、大規模なネットワーク上で運用を想定したものであり、ネットワークへの負荷が少なく、管理が容易であることが重要事項となる。さらに、コンテンツ提供側、視聴者側の規模や、個々の振る舞いの変化に対しても一定のパフォーマンスを発揮することが望まれる。そういった点で、提案方法は大規模ネットワーク上での運用に適していると言える。

また、Contents Selector にストリームを蓄積する機能を持たせることで、提案手法を用いてオンデマンド型に近いサービスを提供できる可能性がある。このニアオンデマンド型サービスは、以下のような手順が考えられる。

- 個々のコンテンツ提供者が、どのようなコンテンツを提供可能であるかを Service Manager へ登録する
- コンテンツ一覧を Service Manager から取得した視聴者側は、その中から視聴したいコンテンツを Service Manager へリクエストする
- Service Manager はリクエストを受付けた順に MPEG2-TS Converter の利用スケジュールをたて、コンテンツ提供側に MPEG2-TS Converter の利用時間帯を示す
- コンテンツ提供側からのストリームはリクエストを出した視聴者が接続されている Contents Selector まで配信され、蓄積される
- ストリームが完全に蓄積されると、Contents Selector は視聴者側へ、リクエストしていたデータが届いたことを通知する
- 視聴者は Contents Selector からコンテンツをオンデマンドで操作して視聴する

放送型では、あるコンテンツが視聴者側に提供される時間帯はすでに決定していて、提供側、視聴者の双方が決定された時間に従って、コンテンツ提供、視聴を行わなければならなかった。放送型のシステムでは、通信網上に配置されたノードに蓄積機構を必要とせず、入力されたストリームに対して一定の処理を行い、リアルタイムに出力することのみが要求された。従って、コンテンツ提供側と視聴者側との間は、あたかも専用のパイプが設置されているような状態であり、そのパイプの中を、いつコンテンツが流れてくるかは、放送型では極めて重要な要素であった。さらに、そのパイプは最低限一本分のストリームの到達性を完全に保証しなければならないので、QoS も重要な要素となる。

これに対して、ニアオンデマンド型である上記のような利用方法を適用すると、視聴者側がリクエストを出して、ある時間待てばデータが Contents Selector に蓄積されるので、以降は Contents Selector 経由でのオンデマンド型のサービスが利用可能になる。コンテンツ提供側は、ライブ映像だけでなく、蓄積されたストリームをサーバーから提供することも可能となる。従来のオンデマンド型では、コンテンツ提供側へ複数の視聴者からの要求が殺到したが、提案手法では、Service Manager によって要求が整理され、サーバーは同時刻に一つのストリームを提供できるだけの機能を持てばよいことになる。また、通信網に求められる品質にも、オンデマンド型、放送型とは異なった扱いが可能となる。ニアオンデマンド型では、視聴者からのリクエストが届いてから、Contents Selector までデータが届くまでにある程度の時間経過が許される。これはストリームデータを実時間保証して転送しなければならない従来の方法に比べて QoS の制限が軽くなる。コンテンツを提供するサーバー内に蓄積されているファイルであれば、FTP 等を利用して転送すれば良いことになる。この転送に必要な時間は、ATM のような QoS 保証する通信網であれば、帯域制限の度合いによって自由に変えることが可能である。従って、他のトラフィックに多く帯域幅を与え、ファイル転送には、残りの狭い帯域を利用するといった使い分けが可能となる。逆に QoS 保証を行わない通信網であれば、FTP によるトラフィックはバースト的に発生し、コンテンツの再生時間よりも短い時間で Contents Selector までデータを届けることも可能となる。

以上のことから、オンデマンド型と放送型、双方の中間的なサービス形態であるニアオンデマンド型は、運用規模や目的とするサービスの形態によって使い分けることができ、ネットワーク上で共存していくことが可能であるといえる。

6.1.3 提案手法における EPG の位置づけ

デジタル放送では、多チャンネル化が進んだため、個々のコンテンツに対する情報を効率的に得る仕組みとして EPG が利用されている。この仕組みは、提案手法においても Service Manager によって提供され、Web 経由でコンテンツ一覧を参照可能となっている。現在稼働している映像、音声コンテンツ提供システムを例に挙げると、Web のページにコンテンツ一覧が掲載され、選択して視聴が可能なシステム [24] や、専用のプレイヤーからコンテンツ一覧のデータベースを呼び出し、視聴可能な一覧を表示するシステム [23]、など様々な形式が存在する。

6.2 ユーザー端末の検討

視聴者側の端末は一般家庭内に設置されるノードであり、必要最小限の機器構成であることが望まれる。実験段階ではPCをベースとした実装を行っていたが、提案手法に特化したユーザー端末の検討を行う。

6.2.1 ユーザー端末に必要な機能

ユーザー端末に最低限必要な機能としては、

- Contents Selectorからのストリームを受信するインターフェース
- MPEG2 デコーダ (ストリーム一本分)
- 表示デバイス
- 入力デバイス

である。これだけの機能を持った端末では、ある特定のコンテンツのみを視聴するといった利用方法が考えられる。ユーザー端末の通信インターフェースには、あらかじめ特定のVPI/VCIが割り振られており、Contents Selector側も、そのVPI/VCIでどのようなストリームを流すかを決定しておく。端末を通信網に接続すると、決まったコンテンツだけが流れてくる。これは、宣伝のみを流す端末として、あるいは、Contents Selector内で、現在流れているストリームの全てを画面分割で表示させたものを流すといった利用方法が考えられる。この端末を構成する受信インターフェースや、MPEG2デコーダは現在1チップLSIで提供され、消費電力も数W程度のため、小型化、軽量化が可能である。

さらに、上記の機能に加えて、通信網を経由してContents Selector、Service Managerへ要求を出すといった機能を加えることで、Service Managerコンテンツ一覧の問い合わせが可能となる。また、Contents Selectorへコンテンツの切り替え要求を出すことができ、放送網を利用したコンテンツ提供システムと同等のサービスが利用できる。

柔軟なサービスを実現するためには、

- 文字入力デバイス
- ストリーム蓄積デバイス

等があることが望ましい。文字入力デバイスよって、コンテンツ提供側へのリクエストをService Managerへ出すことが可能となる。蓄積デバイスを備えることで、各自でストリームを保存し、再度視聴するといった機能が利用可能になる。(図6.5)

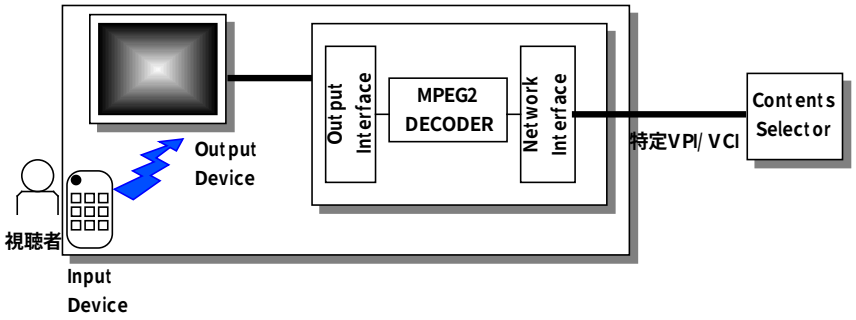


図 6.3: ユーザー端末の構成 (最小限)

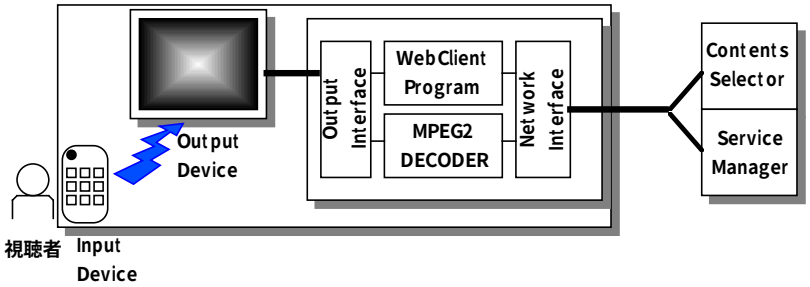


図 6.4: ユーザー端末の基本構成

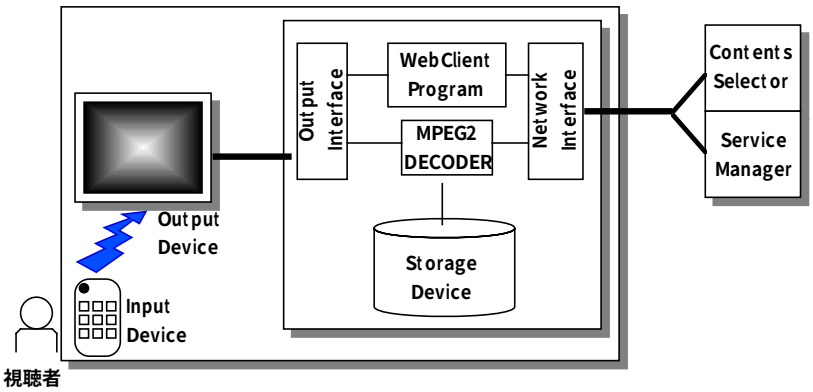


図 6.5: ユーザー端末の構成 (柔軟なサービスへ対応可能)

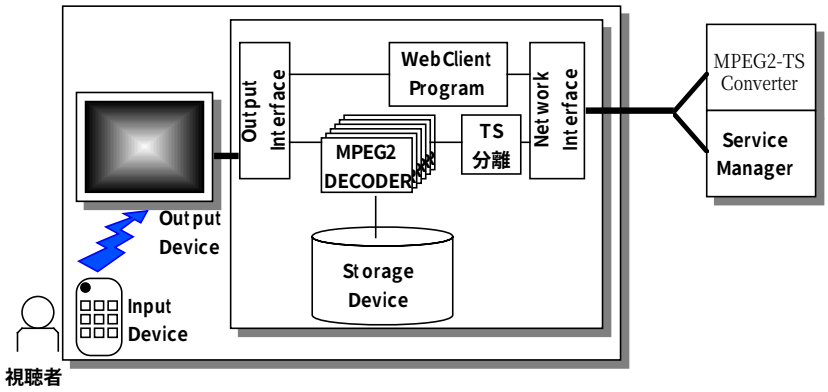


図 6.6: Contents Selector を経由しないユーザー端末

図 6.5のような機器構成は PC をベースとした実装を行うと容易に実現可能である。

また、上記の接続形態とは異なり、視聴者が直接 MPEG2-TS Converter へ接続する場合が考えられ、十分な回線容量を確保できるような特別な視聴者が対象となる。このような視聴者には Contents Selector の機能を備えたユーザー端末を設置すれば、受け取った TS を自由に扱うことが可能となる (図 6.6)。例えば、ユーザー端末に複数の MPEG2 デコーダ備えると、同時に複数のストリームの視聴ができる。機能を増やすかどうかは、視聴者の予算負担に依存する。

6.3 システム運用管理コストの検討

提案手法で用いられるノードは、コンテンツ提供、視聴を行いたいときに一時的に利用される。ユーザーがコンテンツ提供を行う際には MPEG2-TS Converter が、視聴を行いたいときには Contents Selector がそれぞれ利用され、Service Manager は両方のユーザーから利用される。基本的にユーザー端末以外は共有されるノードであるため、どの程度の人数で共有するかによって、運用コストに差が生じる。また、実際に提案手法の運営を行う際には、各ノードの管理は誰が行うのかを特定することが重要である。そこで、加入者数別のノード設置案と、ノードの管理範囲特定について検討を行う。

6.3.1 視聴者数による Contents Selector 設置

視聴者が数千、数万単位で存在する場合は、個々の視聴者を地理的にいくつかのグループへ分け、書くグループに対して Contents Selector を設置する。グループ分けに際しては、図 5.9のグラフに注意し、ATM 交換機の処理能力を越えない範囲で決定する。

視聴者数が上記の規模と比較して少ない場合は、地理的なグループ分けを行うと、少数のグループしかできない。このグループに対して Contents Selector を設置するのは、各視聴者が負担するコストが高くなってしまう。

そこで、通信網の階層を上へたどり、一台の Contents Selector へなるべく多くの視聴者が接続するような地点を選ぶ。視聴者は、その Contents Selector まで接続するのに、いくつかの ATM 交換機を辿っていくことになり、広域の通信網へ独自の経路を設定する可能性が高くなるが、規模の小さい範囲では可能な方法である。

視聴者数が極めて少なく、十分な帯域幅を利用可能な場合は、共有ノードである Contents Selector を配置せずに視聴者へ直接 TS を届ける方法をとる。視聴者が、受け取った TS をどのようにして視聴するかは各自で決定する。TS を分離して、複数の MPEG2 デコードが可能なノードを用意し、画面分割して視聴することも可能であるし、視聴しながら他のコンテンツを録画することも可能である。視聴者個人が負担するコストは TS の扱いによって異なる。

6.3.2 各ノードの管理範囲の特定

視聴者が地理的にどのような位置に存在するか、あるいはどのようなサービスを受けたいかによって、各自が負担するコストは異なる。仮に放送型サービス提供会社が、通信網上に存在す共有ノードの管理と、各 Contents Selector までの通信回線の費用を全て負担

した場合、管理運営にかかった費用は、視聴者側へのサービス利用料金のうち、基本料金という形で均等に請求される。しかし、通信網を利用したコンテンツ提供では、各地域までの回線費用格差が大きく、均等に負担すると不公平になる場合が多い。よって、各ノードの管理は以下のよな分類が可能である。

- 放送型サービス提供会社が管理
  - Service Manager
  - MPEG2-TS Converter
- 視聴者グループが共同で管理
  - Contents Selector
- 個人で管理
  - ユーザー端末
  - コンテンツ提供用機器

この分類の中で、視聴者グループの実例としては、町内会や教育施設、自治体など、責任者の存在するグループが挙げられる。グループ単位で Contents Selector を管理すれば、各視聴者は金銭的負担が軽くなる。逆に責任者の存在しないグループは、個人が複数存在するだけであり、共有というシステムを成立させるのは難しい。

6.4 帯域保証の無い通信網上での運用について

提案手法では、QoS の実現可能な ATM 上での破綻を避ける仕組みについて検討した。この手法を用いることにより、大規模なコンテンツ提供の可能性があることを指摘した。しかし、現在広く普及している通信網上では、IP 通信が主であり、ATM のような強力な QoS 保証技術を前提とした網とは異なる。第 2 章でも述べた通り、この IP 網における QoS、CoS を実現する動きとして RSVP や DiffServ があるが、広域に渡って一定の品質を保つには、全てのルーターが同じ機能を装備しなければならないなど、様々な問題があり、一般的に普及していないのが現状である。

しかし、あるドメイン内など管理範囲を限っての運用を行う際は、各ルータへ流入するトラフィックへのフロー制御、アドミッションコントロールなどをうまく行えば、DiffServ がうまく機能するといわれている。

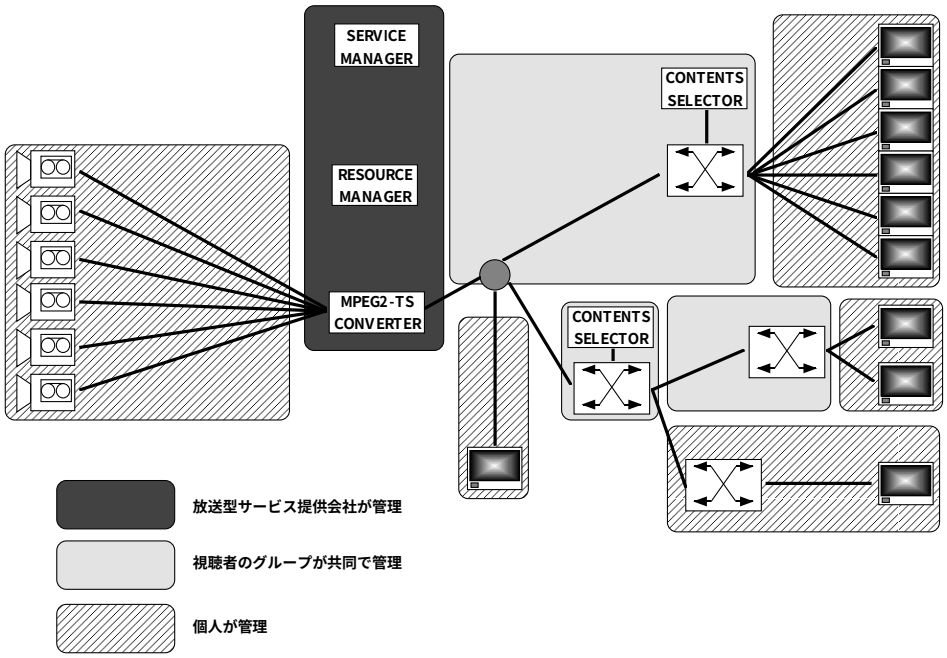


図 6.7: 管理範囲

また、RSVP などの End-End 間で帯域保証を行うような方式は、双方のノードを運営する管理者との合意が必要な場合が大半であるため、異なるドメイン間の接続部分に利用するのが適当であると考えられる。

このように、RSVP、DiffServ の双方の利点活用することで、ATM のような QoS 保証型通信網へ近づくことが可能である。

元来、帯域保証の無い通信網上にこのような機構が普及た場合には、提案手法の IP ネットワーク上の運用も可能となるであろう。

第 7 章

今後の課題

7.1 Service Manager による予約制御

コンテンツ提供側から Service Manager へ利用予約を行うとき、現在の Service Manager は、すでに予約されている項目と重複するかどうかだけを確認し、決定通知を出す機構となっている。ネットワークの帯域や MPEG2-TS Converter の利用効率を高めるためには、予約が重複していた場合にも、妥協案の候補をいくつか示すことで、コンテンツ提供側の要求をほぼ満たすことが有効であると考える。

7.2 Service Manager に対する負荷

Service Manager はコンテンツ提供側、視聴者側、MPE G2-TS Converter、および JAIST VideoLAN の Resource Manager とメッセージのやり取りを行い、適切な処理行わなければならないノードである。その中でも特に重要な処理は、コンテンツ提供側からの利用予約を受付け、許可、不許可の判断を下す部分と、予約された時刻になると、MPEG2-TS Converter に対してエンコーダー起動の命令を出す部分である。現在 Service Manager は、管理ドメイン内に唯一存在するノードで、全てのデータを一元管理するという位置づけのため、負荷が集中する可能性がある。特に、MPEG2-TS Converter の利用予約に関しては、現在時刻のみならず、未来の時刻も扱わなければならないので、予約の処理に負荷がかかることが予想される。

7.3 MPEG2-TS Converter の階層化

提案手法では、MPEG2-TS Converter は唯一のノードであり、全てのコンテンツ提供側は、このノードを通じてのみコンテンツの提供が行える機構となっていた。しかし、スケーラビリティの点からいうと、このノードは複数存在したほうが良い。個々の MPEG2-TS Converter から生成された TS を集約し、さらに多重化を行って一つの TS を形成するという階層化をおこなえば、負荷の分散が可能である。

第 8 章

おわりに

ネットワークを利用したコンテンツ提供を行う際に問題となる点を指摘し、それらに対する解決方法を検討した。解決方法では、現状のコンテンツ提供形態では破綻の避けることの出来ないオンデマンド型ではなく、ライブ映像を配信する放送型を用い、複数の視聴者からの要求を受付けない事によってコンテンツ提供側の負担を軽減させる機構について検討した。また、複数のコンテンツ提供側からの映像を多重化することによって、コンテンツ提供側と視聴者間に個別の経路が設定されることを避ける方法について検討した。これによって、ネットワーク上に発生するシグナリングメッセージ量が減少し、結果として収容可能な視聴者数を増やすことが可能となった。また、一般家庭までの通信インフラを考慮し、多重化されたストリームを個々のストリームに再構成したのち、視聴者からの要求に応じて任意のストリームを流す機構について検討した。

最後に、この解決方法を実際に運用する際に必要なシステムの詳細や、運用規模について考察を行った。

謝辞

本研究をまとめるにあたり、研究の方向性についての指針を与えて下さり、また拙い日本語、英語への親切なご指導を賜わりました丹康雄助教授に深く感謝致します。また、研究に関して貴重なアドバイスを与えてくださった丹研究室の皆さんに感謝致します。

本研究の一部は、通信・放送機構平成 11 年度産学連携支援・若手研究者支援型研究開発制度、および、平成 12 年度科学研究費補助金 (12780203) により行なわれた。

参考文献

[1] ISO/IEC 13818-1 Information technology Generic cording of moving pictures and associated audio information:Systems

[2] http://www.real.com/

[3] http://www.asia.microsoft.com/japan/windows/windowsmedia/

[4] http://www.apple.co.jp/quicktime/index.html

[5] http://www.ckp.or.jp/

[6] S.blake,D.Black,M.Carlson,E.Davies,Z.Wang and W.Weiss, An Architecture for Differentiated Services, RFC2475, Dec.1998.

[7] R.Braden,Ed.,L.Zhang,S.Berson,S.Herzog and S.Jamin,Resource ReSerVation Protocol(RSVP) - Version 1 Functional Specification,RFC2205,Sep.1997.

[8] 松田 隆男, 平野 美貴,“ATM 交換機における収容可能な SVC 加入者数の検討” , 信学技報 SSE2000-60‘06,2000.

[9] Yasuo Tan, “Scaling up IEEE 1394 DV Network to an Enterprise Video LAN with ATM Technology”,IEEE International Conference on Consumer Electronics ‘98,1998.

[10] 丹　康雄、野村　隆、田守　寛文, ”家電的ユーザーインタフェースを有する大規模マルチメディア LAN システム”, 情報処理学会 Interaction’99, 1999.

[11] Takashi Nomura, Tetsuaki Kiriyama, Hiroshi Yamamoto, Atsushi Maruyama, Hiroshi Takizuka, ”New Protocol Architecture ASEL”, IEEE International Conference on Consumer Electronics ’98, 1998.

[12] Recommendation Q.2110,ITU-T,1994.

[13] Recommendation Q.2130,ITU-T,1994.

[14] Recommendation Q.2931,ITU-T,1995.

[15] Recommendation Q.2764,ITU-T,1995.

[16] The ATM Forum, User-Network Interface(UNI) Specifications Version 3.1, Prentice Hall PTR, 1995.

[17] G.Armitage, Bellcore, "Support for Multicast over UNI 3.0/3.1 based ATM Networks", Internet RFC2022, Nov.1996

[18] 木村範彦, 丹 康雄
「マルチキャスト通信プロトコルにおける中間ノードによる資源の有効利用法」
情報処理学会, 第 59 回 全国大会,1999

[19] 倉岡貴志, 丹 康雄
「AV 系ネットワークシステムにおける資源管理法に関する一手法」
情報処理学会, 第 59 回 全国大会,1999

[20] 吉岡 正巳, 丹 康雄
「ユーザがコンテンツ提供可能な放送型サービス提供手法の考察」
情報処理学会, 第 62 回 全国大会,2001

[21] S.Shenker, D.J.Mitzel."Asymptonic Resource Consumption in Multicast Reservation Styles"
In Proceedings of SIGCOMM '94,1994.

[22] 吉岡 正巳, 丹 康雄
「ビデオネットワークシステムにおける放送型サービスノードの構築」
電気関係学会北陸支部連合大会,'9,2000

[23] http://www.apple.co.jp/itunes/index.html

[24] http://www.shoutcast.com/

[25] Recommendation Q.2140,ITU-T,1995.

[26] http://www.percastv.net/