

個人間のストリーミング配信における 統合管理サーバを用いた負荷分散配信管理方式の設計

安田 俊一郎 勅使河原 可海
創価大学大学院工学研究科
syasuda@soka.ac.jp

ADSL や CATV に代表されるようなブロードバンド回線が気軽に利用できるようになった現在では、各個人が作成したコンテンツを配信することは容易になってきた。本研究では、ユーザが自らのブロードバンド環境を活用して魅力的なコンテンツを容易に提供・視聴できるようにすることを目的に、統合管理サーバを用いた個人間ストリーミング配信システムの提案・設計を行ってきた。本稿では、いままでに検討してきた配信管理方式についてより深く検討を行い、配信管理方式の設計を行う。

Design of a Load Balancing Management System by Using the Integrated Management Server in a Streaming Distribution Among Users

Shunichiro Yasuda Yoshimi Teshigawara
Graduate School of Engineering, Soka University
syasuda@soka.ac.jp

Today, we can easily use broadband access lines such as ADSL and CATV. Therefore, they facilitates exchanging personal contents among users by making use of their own access lines. In this study, we have designed a streaming distribution system utilizing users' broadband environment. The purpose of this study is to make users possible to exchange attractive contents among users more easily. This paper examines the distribution management system more, and designs the distribution management system.

1. はじめに

インターネットの普及に伴い、家庭内のインターネット環境もブロードバンド化の一途を辿っている。2001年12月に70%以上を占めていたダイヤルアップ接続では十分な帯域が提供されないため、大容量コンテンツの配信・受信はあまり実用的ではなかった。それに比べて現在では、ADSLなどに代表されるブロードバンド回線が比較的安価に提供されており、それによりインターネットの使われ方が変化し、従来のWeb、電子メール中心のものに加え、ゲーム・音楽・映像などのオンラインコンテンツ配信へのニーズも高まっている。

そのような中で、ストリーミングを用いた配信が目ざされはじめており、近い将来に巨大な市場となることが予想されている。デジタルコンテンツ協会がまとめたデジタルコンテンツ白書2004によると、2003年度のデジタルコンテンツ市場規模は前年比9.2%増の2兆1499億円となっているとしている。また、その中でも、映像系コン

텐츠が31.4%増と著しい増加率で他のデジタルコンテンツ分野の伸び悩みを押し上げている現状であるとしている[1]。

このような現状をふまえ、本研究では、個人が作成したコンテンツを自らのブロードバンド環境を用いて、容易に配信可能にするシステムを構築することで、ユーザが魅力的なコンテンツを、容易に提供することや、視聴することができるようにすることを目的にしている。

2. ストリーミング配信時における問題点

ストリーミングの品質は、ネットワークの状況に強く依存してしまう。そのため、ストリーミングビジネスを考えると、サービス品質の保証は非常に重要な問題である。

また、ユーザのインターネットを介したコンテンツ利用時の不満として「魅力的なコンテンツが少ない」というものを全体の37%の人が感じているという。これは、拡大・複雑化するインターネットの世界において、魅力的なコンテンツにユーザが容易に到達できないことが要因としてあ

ることが推測される。また、「代金を支払う時の手続きが面倒である」という不満も 25%の利用者が感じており、コンテンツビジネスが成功するためにはこれらの不安を解消することが必要である。

これらの問題を解決するために、本研究では統合管理サーバを配置することによって、検索・管理・課金を統合的に行なうことが可能となるストリーミング配信システムを提案してきた[2]。

本稿では、現在までの研究で主に検討を行ってきた統合管理サーバの負荷分散配信方式をより深く検討し、方式の設計を行う。

3. 本システムの前提

本システムは、以下に示すことを前提とする。

- 各個人は環境として、自分のパソコンに何らかの配信ソフトをインストールしており、配信と受信を行える。
- ユーザは自宅で DHCP を用いていない。もしくは、用いている場合ルータでマッピング設定を行ってある。
- 個人のパソコンは本システムを使用している間、常に動作しているものとし、障害発生以外の原因で、途中で何のアクションもなく意図的に切ることはない。
- 個人のパソコンには Windows XP に標準でついてくる SNMP Agent (もしくはそれと同等のもの) がインストールされており、SNMP メッセージを受け取れる。
- 登録されているホストはブロードバンド回線を使用している。
- 各サーバはその所有者が著作権を保持するコンテンツのみ配信しているものとし、同じコンテンツが複数のサーバにオリジナルとして存在することは無い。

4. システムの構成

システムの構成を図 1 に示す。

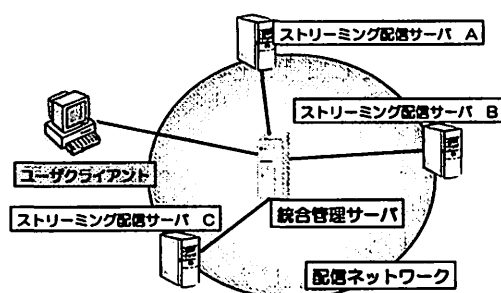


図1 システム構成

このシステムは主として

- 統合管理サーバ
- ストリーミング配信サーバ
- ユーザクライアント

の 3 つの要素から構成される。図 1 では、ストリーミング配信サーバとユーザクライアントは別にしてあるが、それぞれ両方の機能を持つ。

それぞれの構成要素について以下に示す。

1) 統合管理サーバ

統合管理サーバは、ストリーミング配信サーバに対してユーザ管理、課金、配信管理などの機能を提供し、ユーザクライアントに対してコンテンツ検索、統一課金などの機能を提供する。このシステムでは、この統合管理サーバにユーザクライアント、配信サーバ、コンテンツを登録することで、これらの機能を実現している。

統合管理サーバは以下に示す機能を持つ。

- ユーザの検索要求に合ったコンテンツを検索し、その検索結果を提示する。
- ユーザごとにアクセスのリコメンデーションを行い、ユーザ管理をする。
- ストリーミング配信サーバからのコンテンツ登録用メタデータの解析と登録の変更をする。メタデータとは、データを説明するデータのことであり、本システムではメタデータの国際標準である MPEG7 を拡張する。
- ユーザの配信要求を配信サーバに伝え、配信を開始させる。
- コンテンツの配信に対する課金を行う。

2) ストリーミング配信サーバ

ストリーミング配信サーバとはストリーミングを用いて動画を配信するホストを表す。このホストには、現在すでにサービスを行っている配信業者やストリーミングコンテンツを個人で所有するユーザなどが考えられる。本システムでは、配信ソフトについては言及しない。

ストリーミング配信サーバは以下に示す機能を持つ。

- ストリーミングコンテンツを統合管理サーバに登録する。
- 登録に必要なメタデータを半自動的に生成する。
- 要求のあったコンテンツを配信する。
- 回線状況・システム情報・配信の状態などの管理情報を統合管理サーバの要求に合わせて提供する。
- 配信が途切れた場合、統合管理サーバに通知を行う。
- 登録されているコンテンツの削除・移動を一定時間ごとにチェックし、変化があったら検索サーバに変更を通知する。

3) ユーザクライアント

ユーザクライアントは、配信サービスを受けるホストを表し、事前に統合管理サーバに登録をされている必要がある。

ユーザクライアントは以下の機能を持つ。

- 視聴したいコンテンツの検索キーを入力し、統合管理サーバに送る。
- 回線状況・システム情報・配信の状態などの管理情報を統合管理サーバの要求に合わせて提供する。
- コンテンツの評価・コメントを通知する。
- コンテンツを視聴する。

5. 統合管理サーバを用いたストリーミング配信システムの機能

本システムのモデルを図2に示す。実行の流れに沿って以下に説明する。

1) コンテンツの登録

コンテンツ登録は図2の左上の部分で実現されている。構成要素としては、Contents, MPEG7 Generator, MPEG7 メタデータ, MPEG7 Analyzer がある。本システムではコンテンツの登録に MPEG7 メタデータを使用する。配信サーバでストリーミングコンテンツを MPEG7 Generator にかけることで、MPEG7 に準拠したメタデータを半自動的に生成する。メタデータの項目のうち、再生時間・ファイルタイプなどの自動的に取得可能な情報については、自動的に取得しタイトル・ジャンル情報・金額などは登録者が MPEG7 Generator で簡単に入力可能にする。

その後、生成したメタデータを HTTPS で統合管理サーバに送信する。統合管理サーバでは送ら

れてきたメタデータを MPEG7 Analyzer で要素ごとに分類し、Contents DB に登録する。

2) コンテンツの検索

コンテンツ検索は図2の右上の部分で実現されている。構成要素として、Search Key, Search Engine, Search Result がある。クライアントはタイトル・ジャンル情報・配信サーバ名などを検索キーとして HTTPS を使用して統合管理サーバへと送る。統合管理サーバでは Search Engine が検索キーを受け取り、Contents DB からその検索キーに一致するコンテンツを検索結果として返信する。その際に Search Engine は Client DB から、アクセス履歴などのユーザの嗜好情報を参照して、最適な検索結果を返信する。

3) 配信サービスの保証

配信サービスの配信管理機能は図2の下位の部分で実現されている。構成要素としては Management Engine, Check Agent, WMI (Windows Management Instrumentation), MIB, JMX Agent がある。ユーザが配信要求を出した際は、Check Agent は Management Engine に対してクライアントおよびストリーミング配信サーバの管理情報を取得するように要求する。Management Engine は各 JMX Agent に対して CPU 使用率・メモリ使用量・使用ポート番号・RTT などの情報を取得するために HTTPS でリクエストを送信する。それに対して各 JMX Agent は、サーバ・クライアント・回線上から各情報を取得するために、WMI や ICMP などを用いて情報を取得し、統合管理サーバへ返信する。その情報を元に Check Agent は配信サービスが行えることを検査する。

配信中は各 JMX Agent は UDP パケットロス数などの情報を取得して、配信の途切れや物理的

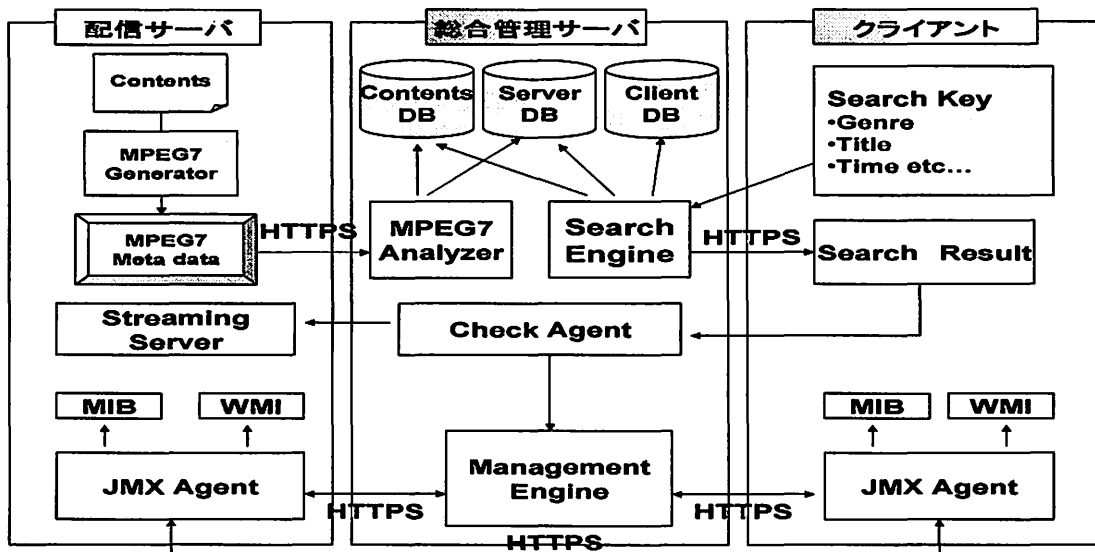


図2 システムモデル

障害を監視し、障害発生時は JMX Notification を用いることで統合管理サーバへと通知する。

また、ここで述べる JMX Agent の実装には、Agent 開発を簡易に行うことのできる、AdventNet の提供する Agent Tool Kit Java/JMX Edition 5. 0 を用いる[3]。

6. 配信管理機能について

6.1 障害原因分類方式

これまでには、ストリーミング配信に関する障害を配信前・配信後に分けて、障害管理方式の検討を行った[2]。障害それぞれには、その障害を発生させるさまざまな原因が存在する。本研究では検出する障害、その原因、そして検出に必要な情報とその変化傾向を階層構造で定義した。それぞれの障害原因に、その障害原因を検出するために必要となる管理情報が複数あるため、それを関連付けして考えている。イメージを図3に示す。

それらの対応表を基に、Check Agent では、配信の管理を行っている。

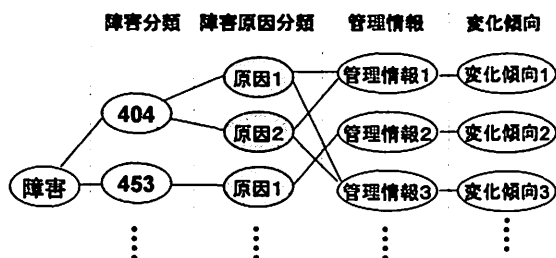


図3 障害定義イメージ

7. 負荷分散方式

7.1 必要性と目的

現在ブロードバンド環境が整ってきたとはいえ、下り回線の高速化に比べ、上り回線はまだまだ十分とはいえない現状がある。4章で述べたように本システムでは、個人が自らのブロードバンド環境を利用し、自らのコンテンツをストリーミング配信する方式をとっているため、この問題は重大である。

本システムの特徴として、ユーザー=配信業者であり、自らのコンテンツを配信し自己表現を行うクリエイターであるということが挙げられる。このような特徴を活かし、本システムではユーザーの嗜好をグルーピングし、『あのクリエイターの手助けならしてもいい』というグループを作成している。それらのユーザーの管理する配信サーバをミラーリング用に提供しあいながら、ユーザー同士が助け合って配信を行うことによって柔軟な負荷

分散を行い、安定したサービスを提供する方式を提案している。

7.2 負荷分散配信方式の流れ

分散配信方式は以下の流れで行われる。

1. 視聴した後などにグループへの登録を行うことができる。
2. 登録された結果をもとにグルーピングを行う。このグループを CDA(Contents Distribution Associators)と呼ぶ。それによって人気のあるクリエイターには大きな CDA ができる。
3. クリエイターのコンテンツは CDA にいち早く公開される。CDA が存在しないなら通常通り配信される。
4. 負荷が集中した場合、CDA の中からすでにそのコンテンツを購入しているユーザで余裕のあるサーバにコンテンツをミラーリングする。
5. その後、一般ユーザに公開される。その場合さらにミラーリングが必要となった場合も同様にミラーリングを行う。
6. 統合管理サーバはアクセスの集中度などからアクセスを流すサーバを判断する。
7. アクセスが治まってきたら、統合管理サーバは順番にミラーリング先のコンテンツを削除していく。

7.3 ミラーリングのタイミング

配信要求がきたときに、オリジナルサーバ(オリジナルのコンテンツのあるサーバ)とすべてのミラーリングサーバが配信不可能だった場合、公開状態を一旦『ミラーリング中』に変化させる。これは、ユーザ満足度の低下を最小限に抑えるためである。そのとき、サービス提供中のサーバはそのまま提供を続ける。そして、ミラーリング可能な状態になったらミラーリングを開始する。ミラーリングが終了したら、統合管理サーバは公開を再開する。

7.4 ミラーリング先の選択方法

ミラーリングを行うサーバは以下の条件をより満たすものから順に選択されていく。

- ・必要条件
 - 1) すでにそのコンテンツを視聴していること。
 - 2) HDD の空き容量がコンテンツよりも十分に多く存在すること。
 - 3) 総回線帯域/コンテンツのビットレート(これを総配信可能数と呼ぶ)が1以上である事。
- ・優先条件
 - 1) 総配信可能数が大きいものほど優先。
 - 2) 現在の空き帯域/コンテンツビットレート(これを現配信可能数と呼ぶ)が大きいものほど優先。
 - 3) 過去のミラーリング回数が多いほど優先。
 - 4) 過去のミラーリング中に障害が発生したサ

ーバほど避ける。

これらの方針を定式化してサーバにポイント付けを行い、選択の基準とする。式の基本的な形として以下のように考えた。

$$\text{Point} = \text{配信可能数} \times \text{配信成功率の } n \text{ 乗}$$

上記の考えに基づいて、ミラーリング先の選択式を以下のように定義した。

$$MP = \text{ADN} / (\text{NMN} + 1)$$

$$* \{ (\text{SEL} - \text{MISS} + \text{ADN}) / (\text{SEL} - \text{ADN}) \}^n$$

- ADN: 総配信可能数
- NMN: 現ミラーリング数
- SEL: 過去の配信回数
- MISS: 過去の障害発生回数
- n: 乗数(どの程度障害を重く捉えるかの指標)

この MP をミラーリングポイントとし、ミラーリング先を判断する。

7.5 アクセスの選択先の決定方法

複数のサーバがミラーリングに参加している場合、どのミラーリングサーバにユーザのアクセスを流すかも考慮しなければならない。考え方としては、まずオリジナルサーバの回線状態に空きがあるかどうかを判断する。もし、オリジナルサーバが配信できない状態であったなら、ミラーリングサーバへとアクセスを転送する。そのときの条件は以下のように定義する。

・必要条件

1) 現配信可能数が 1 以上であること。

・優先条件

- 1) 現在の空き帯域／コンテンツのビットレート(これを現配信可能数)が大きいものほど優先。
- 2) 過去のミラーリング回数が多いほど優先。
- 3) 過去のミラーリング中に障害が発生したサーバほど避ける。

式の基本的な考え方は前節と同じである。アクセス転送先の選択式は以下のように定義した。

$$MP = \text{NDN}$$

$$* \{ (\text{SEL} - \text{MISS} + \text{ADN}) / (\text{SEL} + \text{ADN}) \}^n$$

- ADN: 総配信可能数
- NDN: 現配信可能数
- NMN: 現ミラーリング数
- SEL: 過去の配信回数
- MISS: 過去の障害発生回数
- n: 乗数(どの程度障害を重く捉えるかの指標)

この AP をアクセスポイントとし、最も高かったサーバにアクセスを転送する。

7.6 MP・AP の検討

上記二つの式の配信成功率の算出部分において、分母・分子に AND を加えているのは、確率における大数の法則を考慮するためである。サーバ選択の理想として本研究では以下のように定める。

- 1) 障害率が 20%以内(簡易アンケートによる)
- 2) 障害率の高い高速回線よりは、低速でも障害の少ないサーバを選択したい

この理想通りの選択が可能ないように乗数 n を決定した。n が大きいほど障害率の高い段階で急激にポイントが低下する式となり、障害を重く捉えていることになる。以下の図 3, 図 4 に障害率を 20%と 30%で固定し、n を変化させたときの MP の変化の様子を示す。

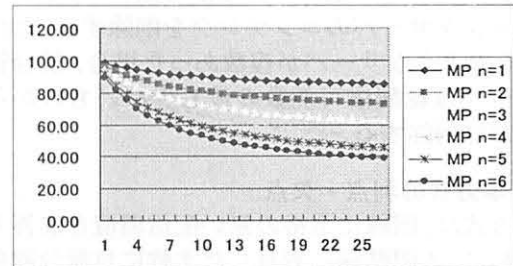


図 4 障害率 20%のとき

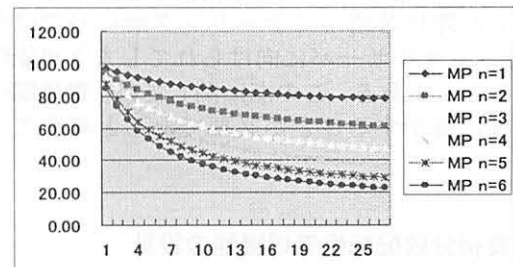


図 5 障害率 30%のとき

理想通りのサーバ選択をするためには、20%の障害率ならポイントが高く、30%を境にポイントが急激に低くなる式にしたい。そのため、これらの値の差をとった。図 6 に差を取ったグラフを示す。

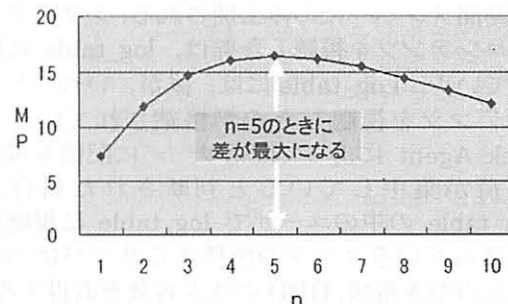


図6 障害率20%と30%のときのMPの差

この結果より、式中のnの値を5とした。このとき、本当に理想通りのサーバ選択が可能であるかどうかを統計データの実測値を用いて計算した。その結果、20%障害が発生するFTTHは使われるが、30%障害が発生するFTTHは使われず、優秀なCABLEに劣るとみなされた。これは、理想的な結果である。結論として、本システムでのサーバ選択式を以下の式で定義した。

$$MP = \text{ADN} / (\text{NMN} + 1) * \{ (\text{SEL} - \text{MISS} + \text{ADN}) / (\text{SEL} + \text{ADN}) \}^5$$

$$AP = \text{NDN} * \{ (\text{SEL} - \text{MISS} + \text{ADN}) / (\text{SEL} + \text{ADN}) \}^5$$

7.7 ミラーリングコンテンツの削除方法

本方式ではアクセスの際にポイントをつけて判断している。削除にも同様の考え方をを用いる。方式として以下のように考える。

24時間、あるコンテンツへのアクセスがミラーリングサーバへ転送されなかったとき、そのミラーリングサーバのコンテンツを削除する。ただし、そのようなサーバが複数あった場合、統合管理サーバは総配信可能数の最も少ないものから一つだけ削除する。

7.8 本方式の利点・欠点

本方式は、回線に余裕の無い配信環境を改善するために、人間関係に着目した柔軟に負荷分散を行える新しい方式である。欠点としては、障害が発生した際に苦情がミラーリングサーバではなく、オリジナルサーバに向けられてしまう可能性があることである。この点に関しては、責任関係を明確に提示することが必要であると考えている。

8. 負荷分散配信管理機能の設計

8.1 負荷分散配信方式の設計

ユーザからCDAの登録要求があった際は、CDA_tableの中に、CDAの中心者とメンバーをセットで格納していく。CDAの中心者からコンテンツが登録された場合には、そのCDA_tableからメンバーを検索し通知され、登録者が定める一定期間メンバーにのみ公開される。クライアントがコンテンツを視聴した際は、log_tableに格納していく。Log_tableには、誰が、いつ、どのコンテンツを視聴したかが格納されていく。Check Agentによって配信サーバに配信不可能な負荷が集中していると判断された場合、CDA_tableの中のユーザでlog_tableに視聴ログが残っているユーザの所持するサーバについて現在の空き帯域、HDDの空き容量を取得する。

それに加え、server_tableの情報からMPを算出し、最も高いサーバにミラーリングを行う。同時にコンテンツとその所有者の一覧が登録日とともに格納されているowner_tableにそのサーバとコンテンツをセットで登録する。その際ミラーリングコンテンツであることを示すフラグを立てる。

コンテンツへのアクセスがあった際は、統合管理サーバは、まずミラーリングが行われているかどうかをowner_tableから検索する。ミラーリングが行われていない場合は通常通りの手順で配信される。ミラーリングが行われている場合は各サーバから現在の空き帯域を取得する。それに加え、server_tableにある情報を参照してAPを計算し、最も高いポイントのサーバにアクセスを転送する。どちらの場合も、配信と同時にsession_tableに配信サーバとクライアントのセットを格納するとともに、Check Agentが起動され、配信の監視を行う。

一日に一回統合管理サーバの管理プログラムはlog_tableとowner_tableを比較し、前日までに登録され、その日に一度もアクセスされなかったミラーリングサーバを探し出す。そのようなサーバが見つかったらJMX Agentにミラーリングコンテンツの削除指令を送る。ただし、ひとつのコンテンツにつき複数見つかった場合、もっとも総配信可能数の少ないものから選択的に削除していくものとする。

9. まとめと今後の課題

本稿では管理システム全体の概要を述べるとともに新たな負荷分散配信方式についての検討を行った。また、管理システムを実装する際に必要なDBやプログラムなどを設計した。今後は、障害検出後の保障方式やストリーミング特有の障害を検出する方式などを検討していきたい。また、統合管理サーバへの負荷集中が予想されるため、統合管理サーバの負荷集中もしくは負荷分散方式について検討していきたい。また、本稿で検討した負荷分散配信方式について実装・評価へと研究を進め、有効性を検討していきたい。

参考文献

- [1] 財団法人デジタルコンテンツ協会：
<http://www.dcaj.org/>
- [2] 安田俊一郎，加藤弘一，勅使河原可海：統合管理サーバを用いたストリーミング配信における管理情報を基にした障害検出方法の検討，第66回全国大会，Vol.3，3W-1，pp525-526，2004.3