

“P2P Broadcasting 2050” ～こちら未来の放送局！P2P ネットワークを用いた 新しい放送型配信システム～

1. 背景

近年の放送通信融合環境への注目の高まりにより、テレビに接続して様々なサービスを受信できる STB (SetTopBox) と呼ばれる装置や携帯電話といった、インターネットに接続しながら放送電波を受信できる機器が普及している。しかし、ユーザが視聴できる映像データは従来の電波放送で配信されているデータのみであり、ユーザが見たい映像を見たいときに視聴することはできなかった。このようなオンデマンド型の視聴形態は、近年のインターネット放送の普及で一般化しており、ネットワーク接続型の映像再生装置(上記の STB や携帯電話)を利用して、見たい映像を見たい時に視聴できる視聴形態が求められている。

そこで本プロジェクトでは、P2P (Peer-to-Peer) ネットワークを利用した新しい放送型配信システム “Brossom” を提案し、設計と実装を行った。本システムでは、従来の放送で配信していた番組をコンテンツ化し、P2P ネットワークを用いてユーザ間で共有することで、配信側で使用するサーバの負荷を減少させるとともに、ユーザがコンテンツの受信に要する時間を短縮する。



図1: Brossom のトップページ



図2: Brossom の視聴例 (左:P2P ストリーミング, 右:放送型配信)

2. 目的

本プロジェクトの目的は、「通信と放送が連携した放送型配信システムの構築」である。目的を実現するために、以下の要求を解決する必要がある。

2. 1. 通信と放送の連携の必要性

「通信と放送の融合」が叫ばれて10年が経とうとしているが、通信と放送の連携は思うように進んでいない。この主な原因は、通信と放送の間でリアルタイム性の共有ができない点にあると考える。放送型配信は、報道番組やスポーツ中継といったリアルタイム性を持つ配信形態である。しかし、現在の通信ではリアルタイム性が乏しい。例えば、図1に示すように、ユーザが見たい番組を見過ごした場合、見過ごした部分はずぐにはコンテンツ化されず、現状では再放送を希望するか、YouTubeなどでアップロードされたコンテンツを視聴するしかない。しかし、視聴開始までの待ち時間は増加するため、通信と放送でリアルタイム性を共有することは難しい。そこで、通信にリアルタイム性を与えて放送と連携することで、通信と放送の融合環境を実現する必要がある。

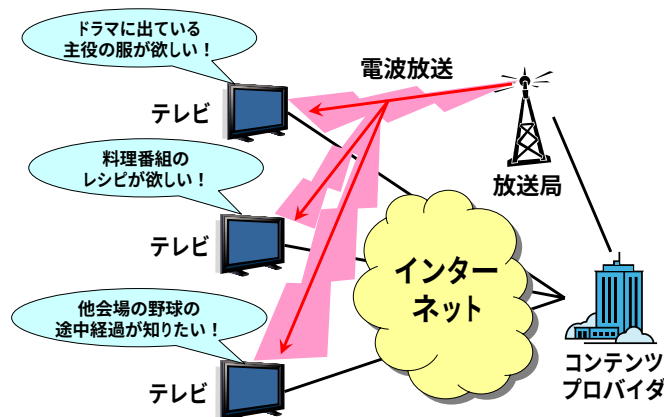


図3：近年の通信と放送の融合環境の例

2. 2. 現在の通信における問題点と解決法

見たい映像を見たいときに視聴できる視聴形態を実現するための手段として、インターネットで映像データを取得することが考えられる。しかし現在、配信側とユーザ側には、それぞれ以下の問題点が存在する。

- ・配信側：使用する帯域幅の増加でサーバの負荷や維持費用が増大
- ・ユーザ側：人気番組は再生までの待ち時間が大きい。

これらの問題点を解決するため、近年、新たなコンテンツの配信手法として注目を集めている P2P ネットワークを利用した配信を行うことを考える。P2P ネットワークを利用した配信では、複数のユーザがユーザ間でデータの送受信を行うため、ユーザ側で負荷を分散して配信側にデータを取得要求する回数を減少させることで、配信に要するサーバのコストを下げることができる。一方、ユーザ側も、人気のあるコンテンツは多くのユーザが持つため、複数のユーザから欲しいコンテンツを受信することができ、受信時に発生する待ち時間を短縮することができる。これまで、従来の放送型配信と P2P を同時に利用している放送システムはなく、まさに「未来の放送局」としてのありべき姿を提示できる。放送型配信でリアルタイム性を持つ番組を放送し、その番組を速

やかにコンテンツ化して、P2P ネットワークを利用して多くのユーザでコンテンツを共有することで、通信のリアルタイム性を高め、放送との融合環境を構築できる。

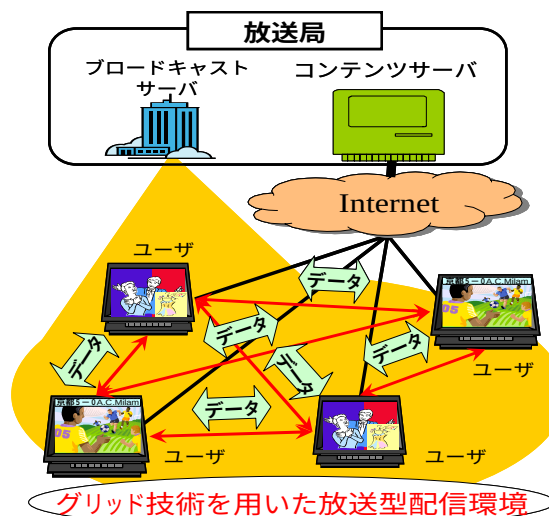


図4: 本プロジェクトで実現する放送型配信環境

3. 開発の内容

3. 1. Brossom の構成

Brossom の構成は、以下の通りである。

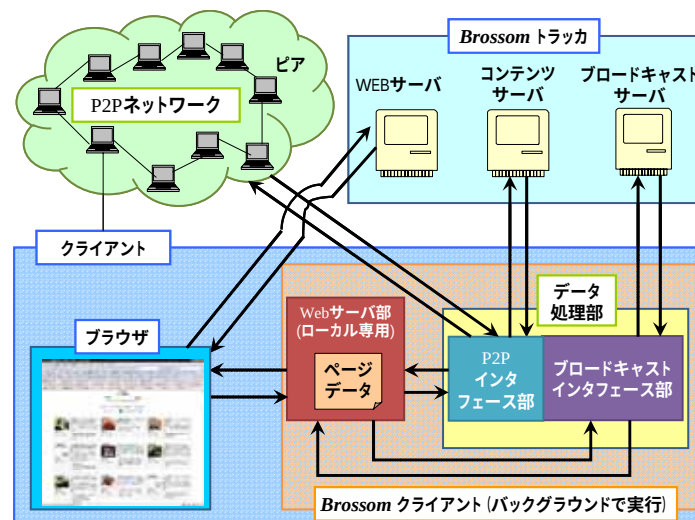


図5: P2P ストリーミング型放送 Brossom の構成

3. 2. 開発ソフトウェアの動作環境

Brossom では、Windows 環境上に「.NET Framework3.0」を導入し、開発を行った。
.NET Framework は、Microsoft が開発したアプリケーション実行環境である。C#や Visual Basic といった言語で記述したプログラムは、コンパイラによって共通中間言語 (CIL) に変換される。 .NET Framework では、共通言語ランタイム (CLR) 上で共通中間言語 (CIL) を実行することで、ソフトウェアが実行する。このため、記述した言語によらず CLR 上で実行することができ、CLR を実装した環境であれば、OS によらずソフトウェアを実行できる。

3. 2. *Brossom* クライアントの基本構成

Brossom クライアントの基本構成について説明する。*Brossom* クライアントは、以下の要素により構成される。

- ・P2P 通信機能
- ・Broadcast 受信機能
- ・Web サーバ

Brossom クライアントを起動することで、*Brossom* トラックと通信を行い、自分のクライアント情報と所持しているコンテンツ情報を登録する。

3. 2. 1. P2P 通信機能

Brossom トラックから得た他のクライアント情報を用いて、*Brossom* のネットワーク内の他の *Brossom* クライアントからデータを受信する。また、他の *Brossom* クライアントからデータ転送の要求があった場合、*Brossom* トラックが持つデータを配信する場合もある。送受信されるデータは、データセグメントの形式で行われる。

3. 2. 2. Broadcast 配信機能

Brossom トラックに登録することで、*Brossom* トラックが配信している Broadcast データを受信する。*Brossom* トラックへの Broadcast 受信登録機能と、送信されるデータの受信機能をもつ。

3. 2. 3. Web サーバ

ストリーミング再生を行うために HTTP によるデータの送信が必要となるため、Web サーバ機能を持つ。ブラウザ上で実装される映像再生プレイヤーが HTTP を通じてデータの要求を行うため、P2P 通信や Broadcast で受信したデータを、Web サーバを通じて送信することでストリーミング再生が可能になる。また、ストリーミングデータの送信以外では通常の Web サーバとして働き、*Brossom* トラックの Web サーバとともに、ユーザインタフェースとなるデータを送信する。

3. 3. *Brossom* トラックの基本構成

次に、*Brossom* トラックの基本構成について説明する。*Brossom* トラックは以下の要素で構成される。

- ・P2P 通信機能
- ・Broadcast 送信機能
- ・Web サーバ

3. 3. 1. P2P 通信機能

Brossom クライアントと同様に P2P 通信機能を持つ。*Brossom* クライアントの P2P 機能との違いは、*Brossom* クライアントは P2P 通信機能を利用して、*Brossom* トラックに *Brossom* クライアントが持つコンテンツ情報を送信することで *Brossom* トラックは *Brossom* ネットワーク上にあるコンテンツ情報を集約する。ほかに *Brossom* ネットワーク

上でどの *Brossom* クライアントもデータを持っていないときに *Brossom* トラックの P2P 機能によりデータを送信することも行う。



図6：コンテンツ情報の詳細

3.3.2. Broadcast 配信機能

登録された *Brossom* クライアントに対して Broadcast データの送信を行う。Broadcast データとは、決められたスケジュールで流し続けられている映像である。この映像をデータセグメントに分解し、そのデータを定期的に送信する。

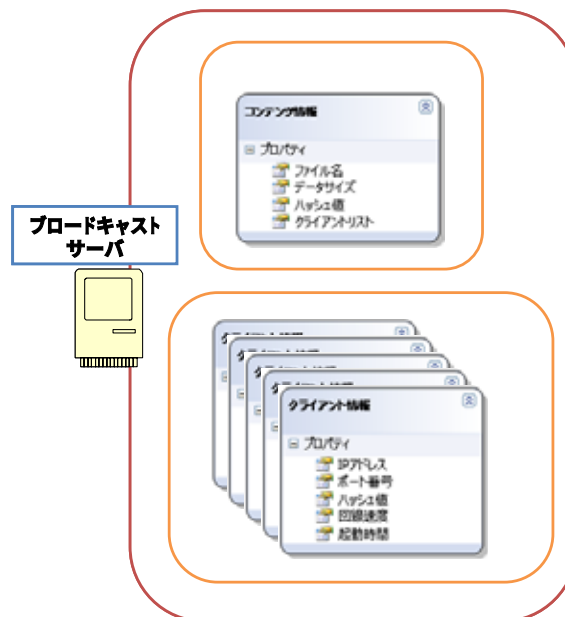


図7：ブロードキャストサーバを構成するデータ形式の概要

3.3.3. Web サーバ

Brossom クライアントがこの Web サーバにアクセスすることでコンテンツ検索などのユーザインタフェースを提供する。コンテンツ情報、コンテンツメタデータ、コンテンツサムネイルデータは *Brossom* トラックに集約されているため、この Web サーバを窓口としてこれらのコンテンツの検索・表示を行う。

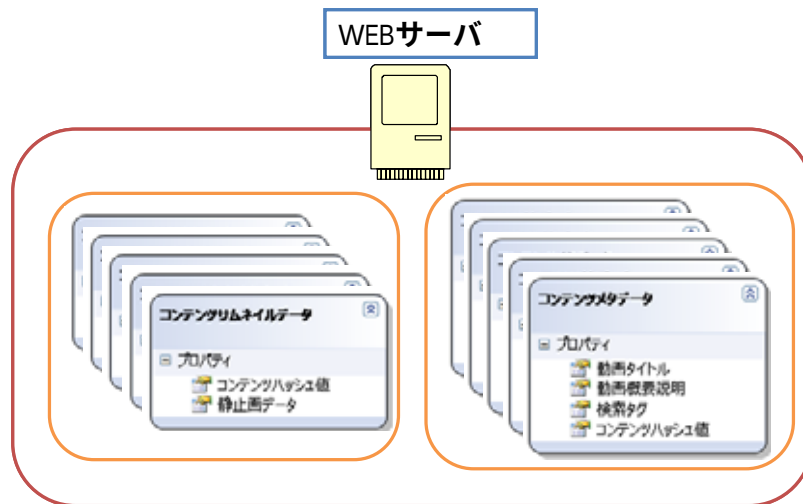


図8: Web サーバが持つデータ

3. 4. *Brossom* の主な機能

3. 4. 1. コンテンツの検索

ユーザはブラウザを通じて、*Brossom* トラックの Web サーバにアクセスし、検索ページより検索ワードを入力することでコンテンツの検索を行うことができる。*Brossom* トラックは Web サーバより検索ワードを受け取り、*Brossom* ネットワークより集約したコンテンツ情報とそのコンテンツメタデータから条件に一致するデータを抜き出し、HTML 文章に変換する。そして HTTP のレスポンスとしてその HTML 文章を返答することで、ユーザはコンテンツの検索を行うことができる。

3. 4. 2. コンテンツのダウンロード

ユーザはブラウザを通じて視聴したいコンテンツのハッシュ値を *Brossom* クライアント側の Web サーバに送ることで、そのリクエストが *Brossom* 内部で解釈される。そして、コンテンツ情報からコンテンツの特定を行った上で、該当するコンテンツを持つネットワーク上の *Brossom* クライアントに対して、P2P 配信でコンテンツの受信要求を行う。受信要求を受けた *Brossom* クライアントは、該当するコンテンツからデータセグメントを作成し、受信要求を行った *Brossom* クライアントに送信する。データを受信した *Brossom* クライアントは、コンテンツの実データにおいて何番目のデータセグメントを受信したかを管理し、すべてのデータセグメントをダウンロードするまでコンテンツを受信し続ける。

3. 4. 3. ストリーミング再生

Brossom クライアントの Web サーバは、ブラウザに対して映像データを送信することで、ストリーミング再生が可能となる。このため、コンテンツのダウンロードを開始すると同時に、受信したデータを先頭から順にブラウザに送信する。コンテンツのダウンロードが間に合わない場合は、ブラウザへのデータ送信を一時停止し、必要なデータがダウンロードされた後に再びデータ送信を行う。

4. 従来の技術 (または機能) との相違

本章では、本プロジェクトで提案した放送型配信システム *Brossom* について、従来の技術や機能との相違について述べる。

4. 1. P2P ストリーミング配信の利用

Brossom では、P2P ネットワーク上の 1 つまたは複数のピアから映像データをダウンロードしながらストリーミング再生を行う。一般的に、ストリーミングはサーバ・クライアント型で行われるが、*Brossom* では P2P ネットワーク上にあるピアがサーバとクライアント両方の役目を果たし、各ピアがアップロードとダウンロードを行う。このとき、サーバからではなく P2P ネットワーク上のピアからストリーミング配信でデータの受信を行う。

4. 2. 放送型配信と P2P ストリーミング配信の併用

Brossom では、放送型を用いた映像配信を行うとともに、P2P ネットワークを利用したコンテンツのストリーミング配信を行うことで放送と通信のリアルタイム性を高める。放送型配信の利点は、番組配信にリアルタイム性がある点である。一方、P2P ストリーミング配信ではダウンロード配信に比べてコンテンツの受信時間を短縮できるため、通信におけるリアルタイム性を高めることができる。放送型配信と P2P ストリーミング配信を併用することで、放送後の番組を速やかにコンテンツ化することができる。

4. 3. ブラウザを利用した視聴形態

Brossom では、ユーザのコンテンツ視聴においてブラウザを利用する。これは、ブラウザを用いた映像の視聴が一般化しており、ユーザのソフト利用に対する抵抗感を小さくするためである。また、P2P ネットワークではクライアントがピアとして動作するため、常時起動する必要がある。一つのソフトとして *Brossom* の機能を提供する場合、ユーザはコンテンツの視聴終了とともにプログラムを終了させ、ピアの機能を終了させてしまう可能性が高い。そこで、*Brossom* はバックグラウンドで常時起動するプログラムとして提供する。*Brossom* では、視聴終了後にブラウザを閉じてでも動作し続けるため、P2P ネットワークの安定を高めることができる。

5. 期待される効果

本章では P2P ストリーミング型放送システム”*Brossom*”の位置づけと方向性を説明する。

5. 1. P2P ストリーミング配信の利用

本プロジェクトでは、IP マルチキャストを用いて番組の放送型配信を行い、番組を速やかにコンテンツ化し、P2P ネットワークを利用してコンテンツの送受信を行うことを想定しているため、放送型配信と P2P ネットワークの連携をより密にする必要がある。そこで、通信におけるリアルタイム性を高める必要がある。そこで、システムとしてそれほど多くのソフトで実装されていない P2P ストリーミング配信によるコンテンツデータの配信を実装した。

5. 2. 放送型配信と P2P ネットワークの連携による新しい放送視聴形態の構築

近年、計算機資源は分散傾向にある。このような資源を連携させるシステムとして、グリッドコンピューティングに代表されるように、広域のネットワーク上にある計算機資源を結びつけ、一つの複合した計算機システムとしてサービスが提供されている。その上で、全体の処理スループットの増加を目指している。

この考え方を放送の枠組みで考えると、放送番組におけるコンテンツのデータは、資源として多くのクライアントの計算機に分散して保有されている状況である。クライアント側には、できるだけ少ない待ち時間で、見たいときに見たい番組を視聴したい要求があるため、Gyao! や Yahoo! 動画に代表されるオンデマンド型放送が広まっている。オンデマンド型放送は、いつでも選択視聴が可能な環境を提供しているが、クライアントの数が増加するとサーバが配信に必要な帯域幅が増加し、クライアントの待ち時間が増加する。そこで、新たな視聴形態の構築が求められている。

近年のクライアントのニーズは、放送終了後（もしくは、放送はリアルタイムで進行しているが見過ごした）の番組のコンテンツデータを視聴する形態である。そこで、コンテンツ配信として注目を集めている BitTorrent や Winny などに代表されるような P2P ネットワークの利用が活発化している。しかし、これらのサービスは放送型配信とは切り離され、個別に取り扱われており、見過ごした番組をすぐにコンテンツ化し、P2P ネットワークを利用して追従視聴できる形態は存在しない。

そこで 2050 年には、「放送 (Broadcast) を通信 (P2P ネットワーク) で補完する」環境が構築されと考えられる。すなわち、「IP マルチキャストによる放送型配信」と「P2P ネットワーク」が密に連携してコンテンツを管理・配信することで、クライアントは番組を効率的に、かつ安全に視聴する環境が実現できる。

6. 普及 (または活用) の見通し

本章では、本プロジェクトについて、普及の見通しを述べる。

6. 1. 提案ソフトウェアの現状

本プロジェクトで提案、開発したソフトウェア “*Brossom*” は、ローカル環境で P2P ストリーミング配信とブロードキャスト放送を実行できる。本ソフトウェアは、現状における問題点を解決する必要があるため、一般のユーザがダウンロードして利用することは、今後の予定としている。また、実環境で P2P を行うことは帯域に負荷を与えるため、現時点ではローカル環境での利用を推奨している。利用者数については、数十のクライアントが利用できるネットワークを想定している。

6. 2. 提案ソフトウェアの開発予定

今後の予定として、今回提案したソフトウェア “*Brossom*” は、現状の問題点を解決した改良版を、2008 年末を目処に作成する予定である。このとき、ダウンロードによるソフトウェアの配布 (ローカル環境による実験目的に限る) を検討している。

7. 開発者名 (所属)

後藤 佑介 (京都大学大学院 情報学研究科)

義久 智樹 (大阪大学 サイバーメディアセンター)

鈴木健太郎 (京都大学大学院 情報学研究科)

(参考) 開発者URL

<http://ais.sys.i.kyoto-u.ac.jp/gotoh/>