

# 多人数参加型コンテンツのマルチキャスト配信スケジューリングに関する検討

南川 敦宣      渡邊 孝文      村松 茂樹      横山 浩之

KDDI 研究所

## 1. はじめに

近年、ブロードバンド環境の普及に伴い、オンラインゲームや仮想空間サービスのような多人数参加型サービスが提供されている。これらサービスでは複数端末間で同期をしつつ、大量のデータを交換する必要がある。モバイル環境において多人数参加型サービスを提供するには、複数ユーザで重複するデータをマルチキャストによって一斉に配信することにより、無線帯域の利用効率を高めることが重要である。

携帯電話網におけるマルチキャスト配信手法としては、CDMA2000 方式における BCMCS (Broadcast and Multicast Services) 等がある。しかし、多くの携帯端末では同時にユニキャストチャンネルとマルチキャストチャンネルの二つを利用できないため、クライアントが自分の情報をサーバへアップロードしている間は、マルチキャストで配信される情報を受信できないという問題がある。クライアントが所望のコンテンツを受信しつつ、データのアップロードを実現するためには、サーバ側にてマルチキャスト配信を適切にスケジューリングする必要がある。本稿では、多人数参加型コンテンツをマルチキャストする際のスケジューリング問題を定式化し、これを解くための実用的なアルゴリズムを提案する。

## 2. 本研究の課題

### 2.1 関連研究

マルチキャストコンテンツの配信スケジューリングに関する研究としては、リクエスト頻度の高いコンテンツの配信頻度を優先的に増やす手法がある [1]。また [2] では、選択型コンテンツを対象とし、各コンテンツの視聴順序を考慮し、配信スケジューリングを提案している。[3] は放送型仮想空間システムにおいて、空間内の各データの更新頻度を考慮した、配信スケジューリングを決定する手法を提案している。これら従来研究では端末が同時に湯にキャストチャンネルとマルチキャストチャンネルを利用できることを前提としているため、本研究が対象とする問題への適用は難しい。

### 2.2 本研究の課題

本研究の対象である多人数参加型アプリケーションの配信シナリオは以下の通りである

- サーバは配信コンテンツを複数の部分コンテンツ  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  に分解し、1 回の放送期間中に全ての部分コンテンツを 1 度配信する。
- クライアント端末  $a_i \in A$  はユーザの操作情報やセンシング情報 (以下、プロフィールデータ) を 1

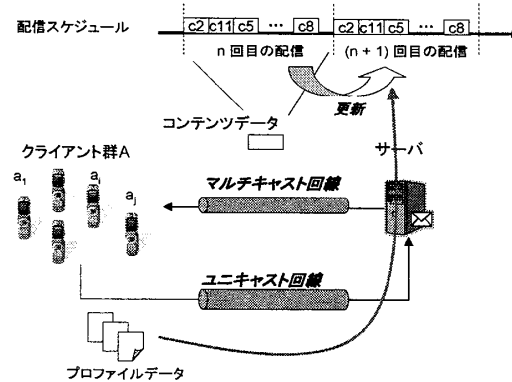


図 1: 配信シナリオ

- 回の配信期間中に 1 度、サーバへアップロード
- サーバは多数ユーザ端末からアップロードされるデータを集約し、コンテンツを更新
- 更新後の全コンテンツを次のマルチキャストタイミングで配信

また配信コンテンツのデータサイズが大きく、更新頻度も早いため、前回の配信タイミング終了から次回のマルチキャスト配信タイミングまでの時間間隔は非常に短いとする。

BCMCS では特定の通信チャンネルをマルチキャストチャンネルとして利用する配信手法であるが、クライアント端末はハードウェアの制約上、同時に複数のチャンネルを利用できないことが多いため、サーバへアップロードする際にユニキャストチャンネルの使用により、マルチキャストチャンネルで配信されるコンテンツを受信できなくなる。そのため、クライアントは、例えば前回の配信スケジュールから、優先度の高いコンテンツの配信時間帯を推定し、この時間帯をさけてアップロードを実施するといった対処が考えられる。

しかしながら、所望コンテンツが配信時間帯中に分散していると、アップロードのために割り当て可能な時間間隔が短くなり、必要な連続時間を確保することが困難となる。

## 3. 提案手法

2.2 で記載した課題を解決するため、多人数参加型コンテンツのマルチキャスト配信に適したスケジューリング手法を提案する。本手法では、各クライアントの所望コンテンツが配信時間中の特定の時間帯に集中するようにコンテンツの配信スケジュールを決定する。これにより、できるだけ多くのクライアントが所望コンテンツの受信失敗を回避できるようアップロード時間を確保できる。

“Multicast Contents Scheduling for Mobile Multiplayer Online Services.”

†A. Minamikawa, T. Watanabe, S. Muramatsu, and H. Yokoyama, KDDI R&D Laboratories, Inc.

### 3.1 スケジューリングアルゴリズム

提案手法では各コンテンツ間の相関の強さを導出し、相関の強いコンテンツを出来るだけ近い順番で配信するようスケジューリングを行う。

スケジューリングを実施するに当たり、クライアントとサーバは以下の処理を実施する。

- ・ <クライアント端末  $a_i$ >
  - n 回目のマルチキャスト期間中に、各部分コンテンツに対する優先度  $P(a_i) = \{p(a_i, c_1), p(a_i, c_2), \dots\}$  をプロファイルデータに含めてサーバへ送信する（又は、サーバは、プロファイルデータからクライアント毎の各コンテンツに対する優先度を推定できるとしても良い）
- ・ <サーバ>
  - 各クライアントから受け取ったプロファイルデータに含まれる優先度ベクトルを集計し、集計結果を基に n+1 回目の配信スケジュール S を導出する。

まず、各コンテンツ間の相関  $r(c_i, c_j) \in R$ 、及び評価関数 E を以下のように定義する。

$$r(c_i, c_j) = \sum_{a_k \in A} \{K \times p(a_k, c_i) \times p(a_k, c_j)\}$$

$$E = \sum_{c_i, c_j \in C} \{r(c_i, c_j) \times d(c_i, c_j)\}$$

但し K は定数、 $d(c_i, c_j)$  はスケジュール S 上のコンテンツ  $c_i, c_j$  の配信順序差を表すとする。提案手法においては評価関数 E を最小にする S が最適解となるが、多くの場合 S の探索空間は広くなり、最適解の導出が困難となる。そこで、ヒューリスティックに S を決定する手法を以下に示す。

- 1)  $R = \{r(c_i, c_j), \dots\}$  を導出し、降順にソート
- 2) 空集合 F を設定：F の各要素  $f(i)$  は部分コンテンツ  $c_i$  の順列 (例： $f(1) = (c_{12}, c_5, c_8)$ ,  $f(2) = (c_3, c_1), \dots$ )
- 3) R の先頭から  $r(x, y)$  を抜き出し、以下の手順で集合 F を更新する。
  - x が  $f(i)$ 、y が  $f(j)$  に含まれている：x, y の位置が近くなるよう  $f(j)$  を  $f(i)$  に結合し、 $f(i)$  とする。F から削除。
  - x (または y) のみが F の  $f(i)$  に含まれている：x, y の位置が近くなるよう y を  $f(i)$  に結合。
  - x, y とともに F のどの要素にも含まれない：F に新たな要素として  $f(k) = (x, y)$  を作成。
  - 上記いずれでもない：F を更新しない
- 4) R が空集合になるまで 3) を繰り返す。

この結果、生成される最後に F の要素として残った順列を配信スケジュール S とする。

### 4. 提案手法の検証

シミュレーションによって提案アルゴリズムを評価する。簡単のためクライアントは所望コンテンツとして 2 つのコンテンツの優先度を 1、それ以外を 0 と指定する。S の評価値として、各クライアントからみた所望コンテンツの S 上での配信順序差の平均値とし、この値が小さいものが良いとする。

また以下の手法によるスケジュールを比較対象とする。  
 (比較対象 1) コンテンツ ID 順に配信  
 (比較対象 2) リクエスト頻度の高いものから順に配信

#### 4.1 検証シナリオ

検証にあたりパラメータを以下の通り設定する。

- ・ 部分コンテンツ数：16
- ・ クライアント数：200

クライアントの所望コンテンツ指定パターンとして以下の 2 つにて評価を行う。

- ① 16 個のコンテンツからランダムに 2 つ指定
- ② 一部コンテンツ間 ( $\{c_1, c_2, c_5, c_6\}$  及び  $\{c_{11}, c_{12}, c_{15}, c_{16}\}$ ) それぞれの相関が高くなるように指定。

#### 4.2 検証結果

検証結果を表 1 に示す。パターン①②ともに提案手法が比較対象よりも所望コンテンツの平均配信順序差が小さくなっている。特にパターン②においてはパターン①に比べ提案手法が有効に機能していることがわかる。

表 1：評価結果

	パターン①	パターン②
提案手法	4.531	3.141
比較対象 1	5.291	4.088
比較対象 2	5.305	4.404

#### 4.3 考察

提案手法は、コンテンツ間の相関を前提にしていることから、パターン②のようなコンテンツ間の相関に偏りが含まれる場合には効果的なスケジューリング手法となる。一方、相関が一樣となる場合、各 r に差が生じないため、提案手法の効果はほとんどなくなることが想定される。しかしながら、パターン①でランダムに所望コンテンツを指定した場合においても、比較対象より良い結果が得られることから、相関に少しでも偏りがある場合には、有効な手法であると見込まれる。

### 5 まとめ

多人数参加型サービスを携帯電話網などの無線通信環境で提供するためのマルチキャスト配信スケジューリング問題を定式化し、これを解くための実用的なアルゴリズムを提案して有効性を検証した。今後は具体的なアプリケーションシナリオを想定し、提案手法の適応領域を明確化する予定である。

### 参考文献

- [1] 謝, 戸出, 村上, "ハイブリッド型コンテンツ配信スケジューリング法の検討", 電子情報通信学会研究報告, NS-2003-330, pp. 183-186 (2003)
- [2] 義久, 金澤, "連続メディアデータ放送における選択型コンテンツのためのスケジューリング手法", 情報処理学会研究報告, 2005-BCCgr-11, pp. 31-38 (2005)
- [3] 小川, 塚本, 西尾, "放送帯域幅と仮想空間内でのユーザ移動速度を考慮した放送型仮想空間システムの提案", 情報処理学会研究報告, 2002-DBS-129-7, pp. 49-56 (2002)