

# マルチビュービデオの効率的伝送に関する研究

代表研究者	渡 辺 尚	大阪大学 大学院情報科学研究科 教授
共同研究者	猿 渡 俊 介	静岡大学 情報学部 講師
共同研究者	潘 子 圓	静岡大学 創造科学技術大学院 博士 (修了)
共同研究者	藤 橋 卓 也	大阪大学 大学院情報科学研究科 博士 2年

## 1. 研究背景

近年、カメラの小型化と低価格によって異なる位置に置かれた複数のビデオカメラを用いて1シーンを表現する複数視点(マルチビュー)ビデオが注目されている。マルチビュービデオとは、各カメラが同じシーンをそれぞれの視点として撮影し、ユーザが表示したいビューを自由に切り替える技術である。マルチビュービデオを利用することで、ユーザはある対象物を所望の角度から自由に視聴することが可能となる。マルチビュービデオは、スマートテレビや自由視点テレビ [1]、遠隔手術システム、防犯セキュリティシステムなど、様々な分野への応用が期待されている。

図1にマルチビュービデオを撮影してから、視聴者が映像を視聴するまでの構成を示す。マルチビュービデオシステムは、撮影部、転送部、表示部の3種類から構成される。撮影部では、被写体を複数台のカメラを用いて同時に撮影し、エンコーダまで撮影した映像を送信する。転送部では、撮影部から受信した映像をエンコードし、エンコードした映像を視聴者のデコーダまで送信する。表示部では、転送部から届いた映像をデコードし、表示機器上に映像を表示する。

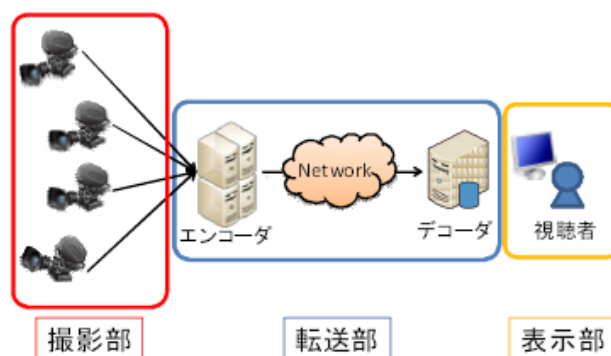


図1: マルチビュービデオシステムの構成

### 1-1 課題

本研究では、既存の撮影部ならびに転送部における課題に着目する。現在のマルチビュービデオの撮影部ではマルチカメラアレイが用いられている。マルチカメラアレイの例としては、直線上にカメラを配置した直線カメラアレイ、円形にカメラを配置したカメラアレイ、直線カメラアレイを動かす移動カメラアレイなどが挙げられる。しかしながら、マルチカメラアレイは有線ネットワークで繋がれた複数台のカメラを利用することを想定しているため、カメラを設置できる環境が限定的になり、マルチビュービデオを展開する際の障壁となっている。

転送部における課題として、マルチビュービデオはユーザへ自由度の高い映像を提供する一方、ユーザへの伝送時に高いトラフィックを持つことが挙げられる。これは複数台のカメラの映像を同時にユーザに対して送信するためである。マルチビュービデオのトラフィック削減における代表的な既存研究として、H.264/AVCで標準化されたMulti-view Video Coding (MVC) [2]が挙げられる。MVCはカメラ間の相関を利用することによって、トラフィックを削減する技術である。しかしながら、全てのカメラ映像をユーザへ送信する必要があり、依然として高いトラフィックを持つ。そのため、ネットワークにかかる負荷が非常に高くなり、無線ネットワークや携帯ネットワークに代表される低品質のネットワークを通じたユーザへのマルチビュービデオ配信は非常に困難である。

### 1-2 本研究のアプローチ

本研究では、まずデジタルカメラやスマートフォンといった小型撮影機器と無線通信を組み合わせることで、場所を選ぶことなくマルチビュービデオが撮影できるシステムを考える。撮影部を無線化するためには、

2つの要件を満たす必要がある。1つ目の要件は、トラヒックの削減である。マルチビュービデオが複数台のカメラの映像から構成されるのに対して、無線通信は電波という有限の資源を共有するため有線通信よりデータレートが低い。2つ目の要件は、映像品質の維持である。これら2つの要件を同時に満たさなければ、アプリケーションに対する視聴者満足度が低下する。本研究では、撮影部を無線化した際に、トラヒックの削減と映像品質維持の2つの要件を満たす方式として、**Domino Streaming**を提案する。**Domino Streaming**では、ある撮影機器は他の撮影機器が送信しているビデオを傍受し、傍受した映像と自身の映像との差分をエンコードすることでトラヒックを削減する。また、撮影機器間にある冗長な情報をより多く削減するため、アクセスポイントによって送信順序を制御する。JMVC エンコーダ [3] 上に実装した計算機シミュレーションと Mitsubishi Electric Research Laboratory (MERL) [4] が提供している実ビデオシーケンスを利用して **Domino Streaming** の性能を評価した。その結果、**Domino Streaming** は、他の撮影機器の映像を利用しない場合と比較して、同じ映像品質を維持したまま、最大 52% のトラヒック削減を達成できることが分かった。

次に、転送部に対する研究として、マルチビュービデオにおけるユーザの動きを分析し、ユーザにとって必要なフレームのみを送る伝送方式 **User dependent Multi-view video Streaming (UMS)** を提案した。本研究ではユーザがカメラを切り替えるモデルが連続移動モデルである場合に焦点を当てている。連続移動モデルとは、ユーザは隣接するカメラに切り替えながら、目的のカメラに到達するモデルである。連続移動モデルは主に自由視点テレビなどエンターテイメントの場面に適用することができる。このモデル上では、動画のフレームレートとユーザがビューを切り替える速度から、ユーザが表示する可能性があるフレーム範囲を予測することができる。本研究ではユーザ端末からビデオエンコーダに対してフィードバック情報を周期的に送信し、ユーザが必要とするフレーム範囲を予測する。その後、範囲内のフレームのみをユーザに送信することで、ユーザの動きに基づいてフレームの冗長な送信を最小限に抑制する。JMVC エンコーダと MERL が提供しているテストビデオシーケンスを利用した結果から、カメラ台数が 8 台の場合、UMS は MVC と比較して最大 73.9% のトラヒック削減を達成することを示した。

最後に、転送部における複数ユーザ向けの伝送手法として **User dependent Multi-view video Streaming for Multi-user (UMSM)** を提案した。UMSM は複数ユーザが同時にマルチビュービデオを試聴する時、各ユーザからのフィードバック情報を元に、全体のビデオフレームを複数ユーザが必要とする共通フレームと、各ユーザが必要とする非共通フレームに分割する。その後、共通フレームをマルチキャスト伝送、非共通フレームをユニキャスト伝送することで、ユーザ間での冗長な映像伝送を抑制し、複数ユーザに対する効率的なマルチビュービデオ伝送を実現する。JMVC エンコーダと MERL が提供しているテストビデオシーケンスを利用した結果から、3 ユーザが同時に試聴する環境下で、UMSM は UMS と比較して約 40.2% のトラヒック削減を達成することを示した。

## 2 Domino Streaming

### 2-1 動作の全体像

**Domino Streaming** は初期化、送信順序決定、エンコード、映像伝送、デコードの流れで動作する。

(1) **Domino Streaming** に参加する撮影機器は、アクセスポイントの通信範囲内に入ると初期化を開始し、アクセスポイントによって送信順が割り当てられる。

(2) 各撮影機器の初期化が終了すると、アクセスポイントは初期化中に取得した各撮影機器の位置情報から映像送信順を決定し、撮影機器に決定した送信順をブロードキャストする。送信順決定の詳細については 2.2 節で述べる。

(3) 各撮影機器はアクセスポイントが決定した送信順に従って、自身の映像をすでに傍受した他の撮影機器の映像を用いて一定量エンコードする。エンコードの詳細については 2.3 節で述べる。

(4) 各撮影機器はアクセスポイントが決定した送信順に従ってエンコードした自身の映像をアクセスポイントへ伝送する。また、他の撮影機器は通信を傍受することで、送信中の撮影機器の映像を受信する。全ての撮影機器が映像を送信し終わると、アクセスポイントは再び各撮影機器の位置情報に基づいて、映像送信順序を決定する。映像伝送の詳細については 2.4 節で述べる。

(5) 各撮影機器とアクセスポイントから映像を受信しているエンコーダは、新たに撮影機器の映像を受信するとデコードを開始する。

### 2-2 送信順決定

アクセスポイントは撮影機器間にある冗長な情報を効率的に削減するために、各撮影機器の位置情報を元に、各撮影機器の映像送信順を決定する。送信順序は H.264/AVC における双方向予測を利用できるように設定される。双方向予測とは、ある撮影機器が自身の映像をエンコードするとき、自身の前後または左右

の撮影機器が撮影した映像を利用することで、より大幅なトラフィック削減を達成する技術である[5]。例として 3 台の撮影機器が配置している場合を考える。まず、アクセスポイントは撮影機器の中で、自身から最も離れている撮影機器 1 を開始機器とする。次に、アクセスポイントは撮影機器 1 に最も近い撮影機器 2 を選択する。その後、撮影機器 2 に最も近い撮影機器 3 を選択する。このとき、アクセスポイントは全ての撮影機器に対して送信順を決定したと判断し、送信順決定アルゴリズムを終了する。最終的に、アクセスポイントが決定した送信順は撮影機器 1、撮影機器 3、撮影機器 2 の順となる。

### 2-3 エンコード

送信順が決定すると、各撮影機器は送信順に従って自身の映像をエンコードする。各撮影機器は H.264/AVC に基づき、GOP (Group Of Picture) ごとに自身の映像をエンコードする。GOP とは、複数のフレームの集合体のことであり、通常は 8 枚のフレームから構成される。Domino Streaming では、撮影機器は自身の映像を低トラフィックで送信するために、自身に割り当てられた送信順より前の通信を全て傍受する。ここで撮影機器の台数、位置関係、送信順は 2-2 節と同じであることを想定する。

撮影機器 1 は単独でエンコードするため、先頭のフレームが I フレームとなる。I フレームは、JPEG によって符号化された静止画情報であり、データ量が多い。

撮影機器 3 は、撮影機器 1 の映像を傍受しているため、撮影機器 1 と自身の映像との差分情報をエンコードする。具体的には、撮影機器 3 の先頭フレームを P フレームとしてエンコードする。P フレームは他の撮影機器の I フレームを元に作成した自身の映像との差分情報であるため、I フレームよりデータ量が少なくなる。

撮影機器 2 は、撮影機器 1 と 3 の映像を傍受しているため、撮影機器 1、3 の映像と自身の映像との差分情報をエンコードする。具体的には、撮影機器 2 の先頭フレームを B フレームとしてエンコードする。B フレームは複数の撮影機器の映像を元に作成した自身の映像との差分情報であるため、最もデータ量が少なくなる。

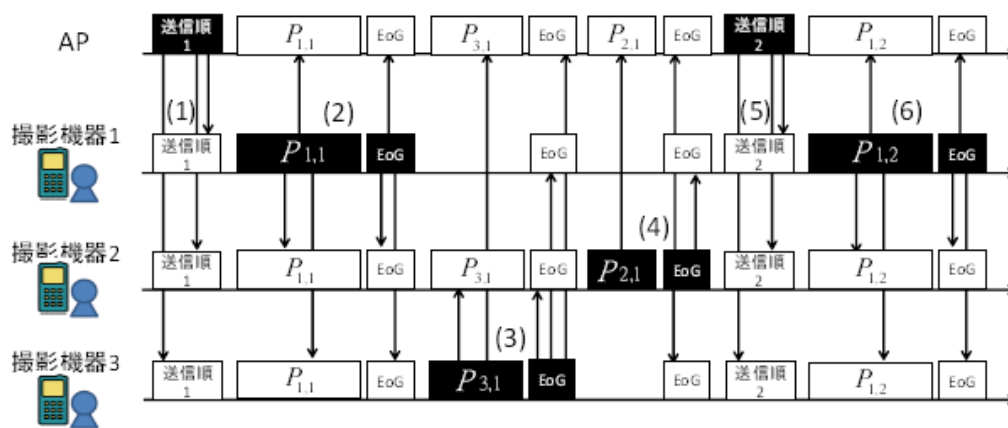


図 2 : Domino Streaming のタイムシーケンスチャート

### 2-4 映像伝送

各撮影機器はアクセスポイントが割り当てた送信順に従って、2-3 節に示した方法でエンコードした映像を送信する。各撮影機器は 1 GOP ずつ自身の映像をアクセスポイントへ送信する。図 2 に映像伝送のタイムシーケンスチャートを示す。図 2 では、アクセスポイントが撮影機器 1、3、2 の順に送信順を決定したと仮定する。

(1) アクセスポイントは 2-3 節の方法に従って決定した GOP1 に対する各撮影機器の送信順を送信順通知フレームに格納し、全ての撮影機器にブロードキャストする。

(2) アクセスポイントから受信した送信順に基づいて、撮影機器 1 から映像の伝送を開始する。撮影機器 1 は自身の位置情報とエンコードした自身の映像をアクセスポイントに対して送信する。撮影機器 2 と 3 は通信を傍受して撮影機器 1 のデコードを開始する。撮影機器 1 は送信を終えると、続けて EoG (End of GOP) パケットを送信する。EoG パケットは、1 GOP 分の映像の送信が終了したことを他の撮影機器に通知するために利用される。EoG パケットを傍受した撮影機器 3 は、次が自身の送信順だと判断し、デコードが終了した撮影機器 1 の映像を利用して自身の映像のエンコードを開始する。一方、撮影機器 2 は、次はまだ自身の送信順ではないと判断し、デコードが終了した撮影機器 1 の映像を保持し、送信機器 3 の通信が終了

するまで待機する。

(3) 撮影機器 3 は、自身の位置情報とエンコードした自身の映像をアクセスポイントに対して送信する。撮影機器 2 は通信を傍受することで撮影機器 3 の映像と位置情報を取得する。その後、撮影機器 2 は受信した映像のデコードを開始する。撮影機器 3 は通信を終了すると、EoG パケットをアクセスポイントへ送信する。EoG パケットを傍受した撮影機器 2 は、次が自身の送信順だと判断し、デコードが終了した撮影機器 3 の映像と保存していた撮影機器 1 の映像を利用して自身の映像をエンコードする。

(4) 撮影機器 2 は、自身の位置情報とエンコードした自身の映像をアクセスポイントに対して伝送する。撮影機器 2 は自身の通信が終了すると、EoG パケットをアクセスポイントへ送信する。

(5) アクセスポイントは受信した映像データを有線通信によってそのままエンコーダへ転送すると同時に、受信データに含まれている各撮影機器の位置情報から、GOP2 に対する映像伝送順を決定する。その後、決定した送信順を全ての撮影機器にブロードキャストする。

### 3 User dependent Multi-view video Streaming for single user and multiple users

#### 3-1 スイッチングモデル

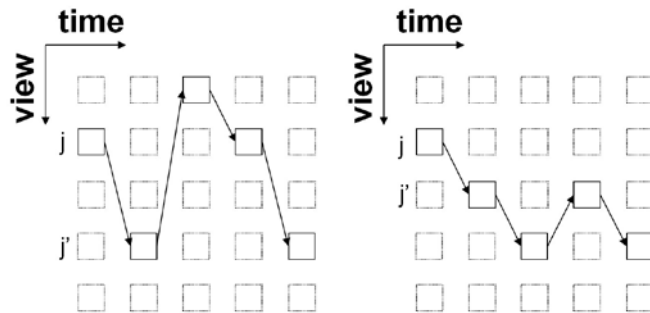
ユーザがビューを切り替える様式をスイッチングモデルとしてランダムアクセスモデルと連続移動モデルの 2 つのタイプに分類した。本研究では、連続移動モデル上でのマルチビュービデオ伝送を対象とする。

##### ランダムアクセスモデル

ランダムアクセスモデルでは、ユーザはいつでも伝送の時に任意のカメラに切り替えるモデルである。図 3 (a) に示すように、時間が経過するとユーザは現在のカメラから任意のカメラにランダムに移動する。したがって、次にどのフレームが表示されるか予測できず、カメラの切り替えにかかる遅延を避けるためにすべてのカメラをエンコードし、送信する必要がある。

##### 連続移動モデル

このモデルでは図 3 (b) に示すように、ユーザは現在の視点から目的の視点に向けて隣り合う視点に 1 つずつ視点を切り替える。つまりユーザが任意のビュー  $j$  を現在見ている場合、次の時間にビュー  $j'$  に切り替える。ここで  $j'$  の範囲は、 $M$  をマルチビュービデオのビュー数とした時  $\max(1, j-1) \leq j' \leq \min(j+1, M-1)$  である。このスイッチングモデルは、自由視点テレビと遠隔医療手術などのユーザの頭を追跡してカメラを決定する多くのアプリケーションに適している。



(a) ランダムアクセスモデル (b) 連続移動モデル

図 3 スイッチングモデル

#### 3-2 User dependent multi-view video streaming (UMS)

##### 3-2-1 フレーム範囲の予測

$M$  台のカメラを用いるマルチビュービデオでは、ユーザは任意のカメラ  $j$  からカメラ  $j'$  に切り替えることができる。ここで  $j'$  の範囲は  $\max(1, j-1) \leq j' \leq \min(j+1, M)$  で求められる。また、フレームレート  $f$  (フレーム/秒) をユーザのスイッチング速度  $s$  (カメラ/秒) で割ることで  $k$  ( $k = \lfloor f/s \rfloor$ ) が求められる。 $k$  はユーザが次のカメラに移動する前に、現在のカメラで表示されるフレーム数を意味する。

3 組のパラメータ  $N(p, f, s)$  を用いて、時刻  $t$  に表示される可能性があるフレームの範囲を取得することができる。ここで  $p$  は開始位置  $F_{i,j}$  (時刻  $i$  における、カメラ  $j$  にあるフレーム)、 $f$  はフレームレート、 $s$  はスイッチング速度を意味する。この時、フレーム  $F_{i,j}$  が時刻  $t$  に表示される可能性がある条件は下記のとおりである。

$$i = i_0 + \lfloor f \times t \rfloor \quad (1)$$

$$j' \in [\max(1, j_0 - \lfloor s \times t \rfloor), \min(j_0 + \lfloor s \times t \rfloor, M)] \quad (2)$$

図5に、 $k$ が1,2の時、表示される可能性があるフレームの範囲を示す。図5中の灰色のフレームを **Potential Frames (PFs)** と呼ぶ。PFsは表示される可能性があるため、エンコードしてユーザに送信する。白色のフレームは **Redundant Frames (RFs)** と呼ぶ。RFsはユーザの開始カメラと  $k$ の値に従って、表示しないフレームである。RFsが送信されない場合、マルチビュービデオのビットレートを減らすことができる。

提案方式では全てのカメラにおけるフレーム中のPFsとRFsの比率を求めることで、有効性があるかを判断できる。RFsの比率が高いほど、多くのフレームを送信する必要がないため、より良い効果が得られる。

$I(j)$ はカメラ  $j$ のRFs数であり、カメラ  $j$ のPFsは  $I(j)$ 後のフレームである。この時、開始位置のカメラを  $j_0$ とすると、以下の式を求める。

$$I(j) = |j - j_0| \times k = \lfloor |j - j_0| \times \lfloor f / s \rfloor \rfloor$$

送信範囲の長さが  $L$ の時、カメラ  $j$ のRFsの数は、次の式で求めることができる。

$$RFs(j) = \min(L, I(j))$$

全てのカメラにおけるRFsの数は、下記の式で算出する。

$$\sum_{j=1}^M RFs(j) = \sum_{j=1}^M \min(L, I(j))$$

したがって、RFsとPFsの比率は、次の式から求められる。

$$\frac{M \times L - \sum_{j=1}^M RFs(j)}{\sum_{j=1}^M RFs(j)}$$

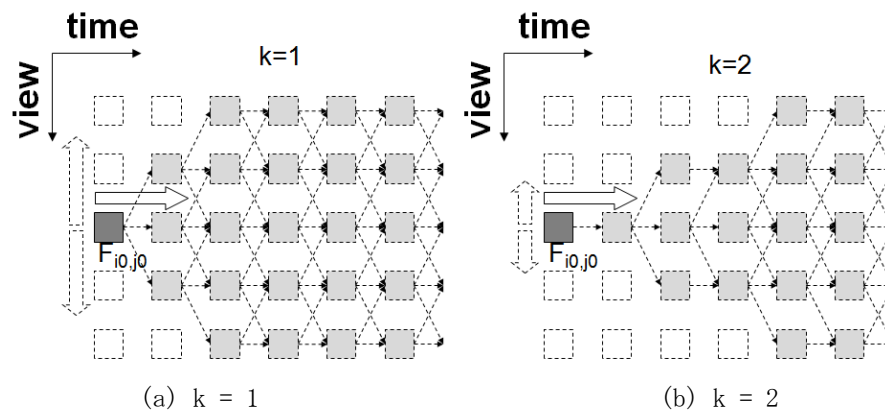


図5 フレームの送信範囲

### 3-2-2 フィードバック

上記の式から送信範囲の長さ  $L$ が長くなると、PFsの比率が増加するため、より多くのフレームをエンコードして送信しなければならない。最終的には、 $L$ の増加に伴ってフレームの送信範囲が拡大し、同じ時間上にある全てのカメラのフレームがPFsになる。この問題を克服するために、 $N(p, f, s)$ 情報の周期的にフィードバックが必要である。

$N(p, f, s)$ は次のフレームの送信範囲をエンコードして送信するために周期的にフィードバックされる。映像を連続再生するためには  $N(p, f, s)$ の遅延を考慮して、現在の通信範囲が終わる少し前にフィードバックをする必要がある。考慮すべき遅延としては、フィードバック遅延 ( $t_1$ )、エンコード遅延 ( $t_2$ )、伝送遅延 ( $t_3$ )、デコード遅延 ( $t_4$ )がある。

図6にUMSのタイムシーケンスチャートを示す。最初にリクエストされたカメラがカメラ10のため、ク



クライアントは開始位置が (10, 0) フレームであるというリクエストをサーバに送信する。サーバは  $t_1$  の後  $t_2$  でエンコード後に伝送する。クライアントはリクエストから ( $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ ) 後に、表示可能なフレームを取得し、ユーザの動きに応じてフレームを表示する。その後、ユーザはカメラを切り替え、カメラ 8 に表示を切り替えている。ビデオを継続して再生するためには、現在のフレームの送信範囲が終了する前 ( $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ ) の時刻に  $N(p, f, s)$  をフィードバックする必要がある。時刻  $t_x$  におけるフレームの位置が (12, 100) であるため、サーバはクライアントからフィードバックを受け取り、次の通信におけるフレームの初期位置が (12, 100) であると分かる。その後、次のフレームの送信範囲がエンコードされ、フレーム (12, 100) から送信する。しかしながら、前後に送信されたフレーム、すなわち、三角形 A (次の送信範囲にあり、前の送信範囲にあるフレーム) は、すでに送信しているため、再度エンコードして送信する必要がない。したがって、残りの台形 B (次の送信範囲にあり、前の送信範囲にはないフレーム) をエンコードして送信する。

ビデオが前に送信された最後のフレームまで再生されると、次の送信範囲のフレームを受信してデコードする。またサーバは、ストリーミングを制御するためにフィードバック周期  $\tau$  を調整する。

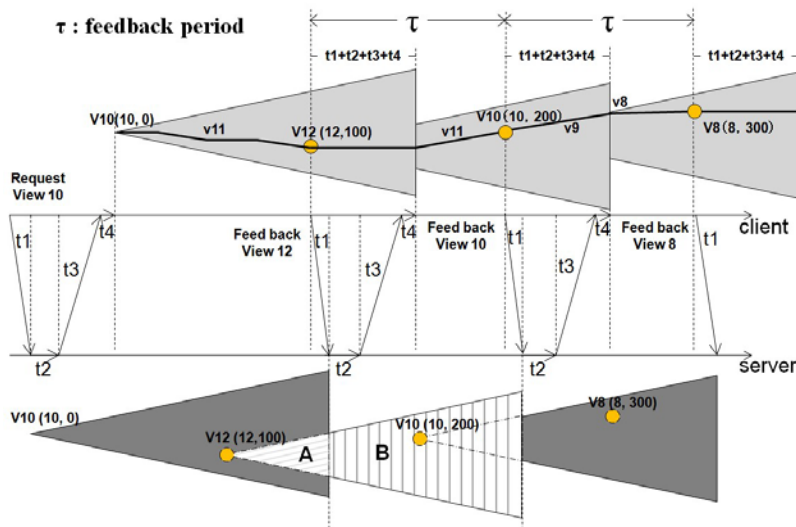


図 6 UMS のタイムシーケンスチャート

### 3-2-3 予測構造

UMS の場合、RFs の送信を防ぐために、PFs と RFs の依存関係をなくす必要がある。しかし MVC の予測構造では、それぞれのフレームは GOP (Group of Picture) の最初のフレームか、対応するアンカーフレームから予測される。このとき、RFs の送信が必要となる。そこで、図 7 に示す  $N(p, f, s)$  に従って符号化をする予測構造を提案し、RFs と PFs の依存関係を取り除く。

予測構造では各カメラは RFs, PFs のみで構成されるカメラあるいは、RFs と PFs の両方が含まれるカメラに分かれる。いずれかのフレームのみでカメラが構成される場合は、MVC と同様に各 GOP でアンカーフレームを 1 つだけエンコードする。両方のフレームが含まれる場合は、各 GOP でアンカーフレームを 2 つエンコードする。この時、1 つ目のアンカーフレームは PFs の予測に利用し、もう 1 つは RFs のために利用する。PFs は RFs との関連性をなくすために、PFs のみでエンコードをする。これによってユーザが RFs を 1 つも受信しなくとも、PFs のデコードに影響が出ることはない。したがって RFs の伝送は不要になり、RFs のエンコードをする必要はない。しかしエンコードされた RFs は、スイッチングの検出エラーなど特別な状況での対策として利用することができる。

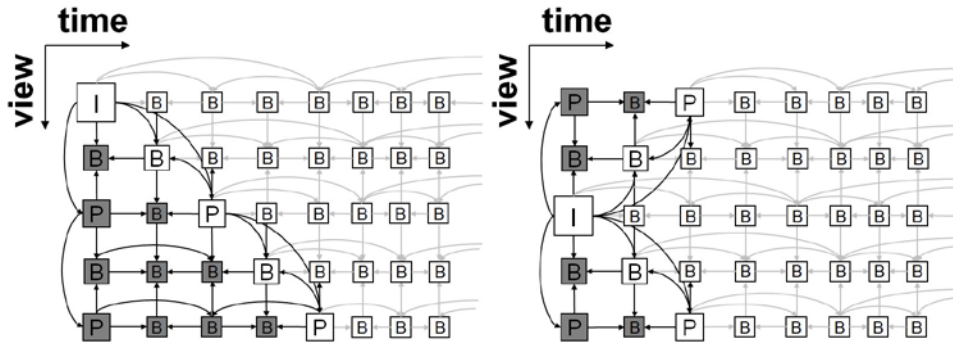


図7 UMSの予測構造

### 3-3 User dependent multi-view video streaming for multiple users (UMSM)

#### 3-3-1 共通フレームと非共通フレーム

図8に2人のユーザが同じマルチビュービデオを利用する場合の例を示す。図8(a)では、ユーザ1がカメラ2から視聴を開始し、 $k = 1$ でカメラを切り替えているものとする。このとき、ユーザ2はユーザ1から1フレーム遅れて視聴を開始し、カメラ4から $k = 2$ の速度でカメラを切り替えているものとする。このフレームの遅れをオフセットと呼ぶ。本研究では、複数ユーザ間で共通しているPFsをOverlapping Frames (OFs)と呼び、各ユーザが独自に要求するフレームをSpecial Frames (SFs)と呼ぶ。

ユーザ間でオフセットが存在する場合、ユーザ間でOFsが存在するときであっても、サーバは各ユーザのPFsを独自にエンコードする必要がある。このとき、サーバは各ユーザのPFsをユニキャスト伝送するため、OFsが多くなれば多くなるほど、冗長な映像伝送によるトラフィック増加が生じる。UMSMでは、複数ユーザ間での冗長な映像伝送を抑制するために、オフセットの修正方法を提案する。

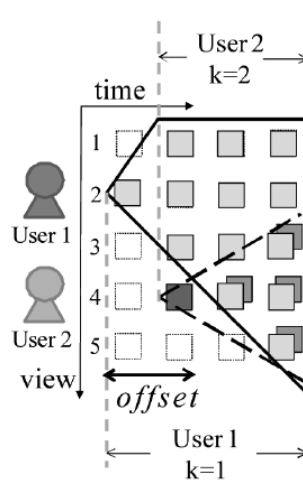


図8 複数ユーザ環境におけるフレーム関係

#### 3-3-2 タイムシーケンスチャート

図9にUMSMのタイムシーケンスチャートを示す。各ユーザはサーバに対してフィードバックを送信し、サーバは各ユーザのフィードバック到達時間からオフセットを計算する。図9においては、ユーザ1とユーザ2間のオフセットは50フレームであり、フィードバック間隔は100フレームであるとする。その後、フィードバック間隔とオフセットから各ユーザのフィードバック間隔を一時的に短縮する。図9では、ユーザ2のフィードバック間隔を50フレーム(100-50)とする。その結果、次のフィードバックでは全ユーザが揃ってフィードバックを開始する。また、各ユーザのフィードバック間隔を揃えることで、共通フレームの領域を最大化、すなわち、トラフィック削減効果を最大化できることが分かっている。オフセットを揃えた後、UMSMではOFsを複数ユーザに対してマルチキャスト伝送、SFsを各ユーザに対してユニキャスト伝送することで冗長な映像伝送を抑制する。

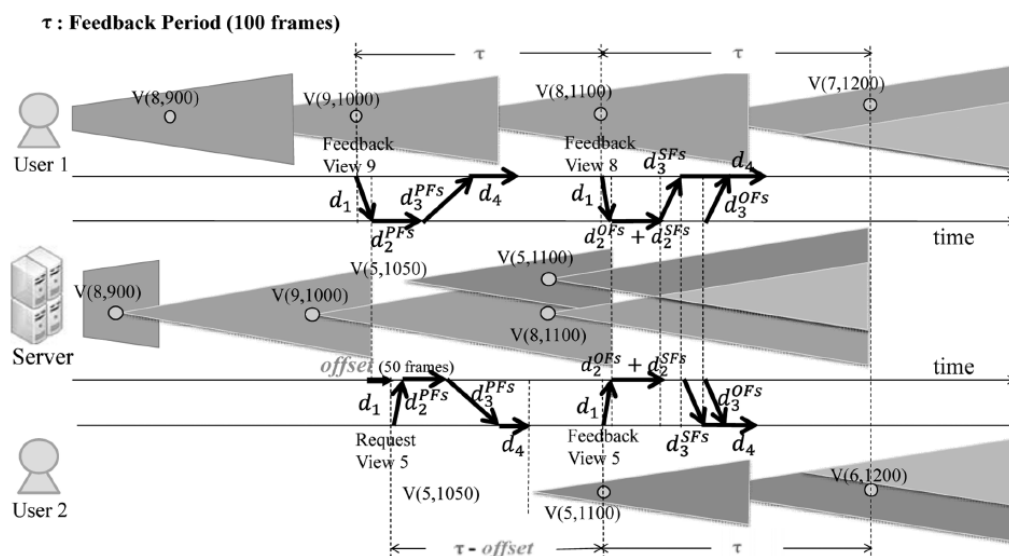


図9 UMSMのタイムシーケンスチャート

#### 4. おわりに

本研究ではマルチビュービデオシステムの撮影部ならびに転送部における課題に着手した。具体的には、撮影部の無線化を支援する伝送手法 **Domino Streaming**，ユーザの動きを分析し、冗長なカメラ映像の伝送を抑制する伝送手法 **UMS**，複数ユーザ間での冗長な映像伝送を抑制する伝送手法 **UMSM** を提案した。

**Domino Streaming** では、ある撮影機器は他の撮影機器が送信しているビデオを傍受し、傍受した映像と自身の映像との差分をエンコードすることでトラフィックを削減する。また、撮影機器間にある冗長な情報をより多く削減するため、アクセスポイントによって送信順序を制御する。性能評価から、**Domino Streaming** は、他の撮影機器の映像を利用しない場合と比較して、同じ映像品質を維持したまま、最大 **52%** のトラフィック削減を達成できることが分かった。

**UMS** ではユーザ端末からビデオエンコーダに対してフィードバック情報を周期的に送信し、ユーザが必要とするフレーム範囲を予測する。その後、範囲内のフレームのみをユーザに送信する。性能評価からカメラ台数が **8** 台の場合、**UMS** は **MVC** と比較して最大 **73.9%** のトラフィック削減を達成することを示した。

**UMSM** では複数ユーザが同時にマルチビュービデオを試聴する時、各ユーザからのフィードバック情報を元に、全体のビデオフレームを複数ユーザが必要とする共通フレームと、各ユーザが必要とする非共通フレームに分割する。その後、共通フレームをマルチキャスト伝送、非共通フレームをユニキャスト伝送する。性能評価から **3** ユーザが同時に試聴する環境下で、**UMSM** は **UMS** と比較して約 **40.2%** のトラフィック削減を達成することを示した。

#### 【参考文献】

- [1] Müller, K., Schwarz, H., Marpe, D., Bartnik, C., Bosse, S., Brust, H., Hinz, T., Lakshman, H., Merkle, P., Rhee, H. et al.: 3D High Efficiency Video Coding for Multi-View Video and Depth Data, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 22, No. 9, pp. 3366–3378, 2013.
- [2] Text of ISO/IEC 14496-10, 2008/FDAM 1 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Multiview Video Coding, 2008.
- [3] Joint Video Team Of ITU-T VCEG And ISO/IEC MPEG, JMVC (Joint Multiview Video Coding) Software, 2008.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Multiview Video Test Sequences from MERL, 2005.
- [5] Vetro, A., Pandit, P., Kimata, H., Smolic, A. and Wang, Y.K., Joint Draft 8.0 on Multi-view Video Coding, 2008.



〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
マルチビュービデオのクロスレイヤ型 伝送方式に関する検討	情報処理学会マルチメディア・分散・協調とモバイル (DICOM02013)シンポジウム, 4C-4, pp. 928-937	Jul. 2013
Traffic Reduction on Multi-view Video Live Streaming for Multiple Users	IEICE Transactions on Communications, Vol. E96-B, No. 07, pp. 2034-2045	Jul. 2013
カメラ間通信を用いた無線マルチビ ュービデオストリーミングの検討	情報処理学会モバイルコン ピューティングとパーベイシ ブシステム研究会, 2013-MBL-68, 17, pp.1-8	Nov. 2013
UMSM: A Traffic Reduction Method on Multi-view Video Streaming for Multiple Users	IEEE Transactions on Multimedia, Vol.16, No.1, pp. 228-241	Jan. 2014
Multi-view Video Live Streaming for Multiple Users under Hybrid Multicast-Unicast Scheme	Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU'14), pp.194-199	Jan. 2014
Wireless Multi-view Video Streaming with Subcarrier Allocation by Frame Significance	Proceedings of the IEEE 80th Vehicular Technology Conference (VTC) pp. 1-5	Sep. 2014
カメラ間通信を用いた無線マルチビ ューストーリーミング	情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 9, pp. 2177-2189	Sep. 2014
Multi-view Video Streaming with Mobile Cameras	IEEE Global Communication Conference (IEEE GLOBECOM), pp. 1412-1417,	Dec. 2014
Multi-view Video Streaming System with MASS library	2015年電子情報通信学会総 合大会, B-18-26, pp. 573	Mar. 2015
Wireless Multi-View Video Streaming with Subcarrier Allocation	IEICE Transactions on Communication, Vol. E99-B, No. 2, pp. 542-554	Feb. 2016