

## 3D 共生空間上の位置とネットワーク資源を考慮した ビデオ品質制御手法

長谷川 大介<sup>†</sup> 高野 健一郎<sup>†</sup> 北形 元<sup>†</sup>  
菅沼 拓夫<sup>†</sup> 白鳥 則郎<sup>†</sup>

カメラから取得したビデオ画像を 3D 共生空間上で転送するシステムの研究を行っている。3D 共生空間上では各ユーザの位置が随時変わるため、それに伴いビデオ画像の表示する品質が変わる。本研究では、3D 共生空間におけるユーザの位置を考慮し、さらに端末が利用可能なネットワーク資源も考慮して、可能な限り高い品質でビデオを転送する手法を提案する。また、アプリケーション参加者全体としてより高品質なビデオ転送を行うために、アプリケーションレベルマルチキャストを用いた経路転送制御についても提案する。本論文では、それらを実現するためのアプローチ検討についての基本方針を述べる。

### A Control Scheme of Video Quality Based on User's Location in 3D Symbiosis Space and Network Resource

Daisuke Hasegawa<sup>†</sup>, Kenichiro Takano<sup>†</sup>, Gen Kitagata<sup>†</sup>  
Takuo Suganuma<sup>†</sup>, Norio Shiratori<sup>†</sup>

We are researching a system which transmits video images acquired from cameras on 3D symbiosis space. A quality of video image changes along with each user's position because users often change their positions in 3D symbiosis space. In this research, we propose a technique for forwarding videos as much as possible considering network resources which can terminals can use as well as considering users' positions in 3D symbiosis. Moreover, to provide more high-quality video for the entire application participant, we also propose the method of route forwarding control using application level multicast. In this paper, we describe a basic policy about the approach to achieve them.

#### 1 はじめに

近年、マルチメディアコミュニケーションツールとして、ビデオによる通信システムが普及してきている。以前は、例えばオフィスにて遠隔会議を行う際にビデオ会議システムが用いられるようなことはあったものの、この種のツールが一般家庭にて使われるようなことは非常に稀であった。しかし、近年のコンピュータやインターネットの普及、カメラなどのデバイスの低価格化、ソフトウェアの高機能化に伴い、ビデオチャットを利用した私

的な遠隔コミュニケーションが広く行われるようになった。現在、一般家庭にてよく用いられるのが、インスタントメッセージ [1, 2] に含まれる機能であるビデオチャットや音声チャットである。カメラ等のデバイスさえあれば手軽にリアルタイムコミュニケーションを楽しむことができる。

一方、これとは異なるコミュニケーションツールとして、3D 共生空間を利用したものがある。代表的な例として、オンライン RPG がある。3D 空間を仮想的に用意し、各ユーザに対して、その共生空間における位置情報を与える。各ユーザは、互いの位置情報を共有し、それによってあたかも遠隔のユーザ達が同一空間上に存在す

<sup>†</sup> 東北大学電気通信研究所/情報科学研究科 / Research Institute of Electrical Communication/Graduate School of Information Science, Tohoku University

るかのようにコミュニケーションを行うことができる。

両者の違いは、その情報伝達要素にある。ビデオ転送システムでは、言葉や顔の表情といった情報を伝えることができるのに対し、3D 共生空間を用いたツールでは、空間位置と呼ばれる要素が伝達可能である。両者は互いに特徴を持っており、またそれぞれのツールのみでは、現実に近いコミュニケーションを行うには限界がある。そこで、両者を組み合わせたコミュニケーションツールを実現することが望ましい。

本研究では、3D 共生空間上でビデオ通信を行う際に、ビデオの品質制御を行うことを研究対象とする。既存研究では、3D 共生空間上でのユーザの位置を入力情報として品質制御を行っている。だが、ネットワーク資源については考慮していないため、ネットワーク資源の許容を超えるビデオを送信してしまい、品質が不要に劣化する可能性がある。

そこで、本研究では3D 共生空間上のユーザの位置に加え、ネットワーク資源も考慮したビデオ品質制御手法を提案する。

本論文の構成は次のようになっている。2章で既存技術を紹介し、その問題点について述べる。3章では本研究手法の概要について述べる。4章では現在検討中の設計事項について述べる。5章で実装について述べ、最後に6章にてむすびを述べる。

## 2 3D 共生空間上でのビデオ転送

### 2.1 本研究の位置づけ

ビデオ通信システムの品質制御手法の例として、FVCS[4]がある。これは、ユーザ要求・CPU利用率・帯域利用率をキーに、ビデオパラメータの調整を行うものである。一方、3D 共生空間での品質制御手法として、利用者毎の利用形態(コンテンツの違い、利用者のインタラクション)を考慮し、3D オブジェクトの画質やデータ送受信レートを制御するものがある[5]。ここで、本研究での対象アプリケーションは、3D 共生空間上でビデオ通信を行うものである。多人数参加型のビデオ通信を考えた場合、従来のビデオ通信での品質制御手法はビデオ送信者1人・受信者多数の形態が想定されるのに対し、3D 共生空間上でのビデオ通信の場合、ビデオ送信者・受信者

共に多数の形態が想定される。すなわち、従来のビデオ通信では、各受信者は対等な関係であったが、3D 共生空間上でのビデオ通信では、各受信者が対等な関係ではなく、送信者との共生空間内での位置関係に応じて適切な品質が異なる。そのため、FVCSのような従来のビデオ品質制御手法をそのまま適用するだけでは不十分である。

そこで、本研究ではネットワーク資源の有効な活用と適切なビデオ品質の提供を目的とし、3D 共生空間上の位置とネットワーク資源を考慮したビデオ制御手法を提案する。

### 2.2 従来手法の問題点

3D 共生空間上でのビデオ通信における研究として、FreeWalk[6]がある。FreeWalkでは、3D 共生空間上の、利用者の分身であるアバタの位置関係に応じ、送信するビデオの品質及び表示形状を変化させているが、ネットワーク資源を考慮していないために、品質が不要に劣化してしまう場合がある。

例えば図1において、ビデオ送信ユーザは各受信ユーザに対して、互いの位置関係に応じたビデオ品質(実際に調整しているのはビデオサイズ)に調整してビデオを転送する。この時、ビデオ転送に十分なネットワークの資源が確保される場合は良いが、必ずしもそういう状況とは限らない。ネットワーク資源の許容を超えるデータサイズで転送すれば、パケットロスや遅延等を生じさせ、結果としてシステム側が想定した品質よりも低いビデオ品質になってしまう。よって、3D 共生空間上の位置だけでなく、ネットワーク資源も考慮することが重要となる。

また、ネットワーク資源を考慮してビデオ品質を制御する場合でも、送信ユーザが全ての受信ユーザへ直接ビデオを送信すると、送信ユーザのアクセスネットワーク(アクセスプロバイダから各ユーザまでのネットワーク部分)に何本もの冗長なビデオデータが流れ、大きな負荷となる。送信ユーザのネットワーク資源が豊富であれば良いが、そうでない場合には高品質なビデオを転送することは期待できない。

上述の問題を解決するため、本研究では、3D 共生空間上の位置に加えネットワーク資源を考慮し、ビデオの転送の時に、適切に選択したノードに中継をさせることにより、全体としてより高品質のビデオ転送を実現する。

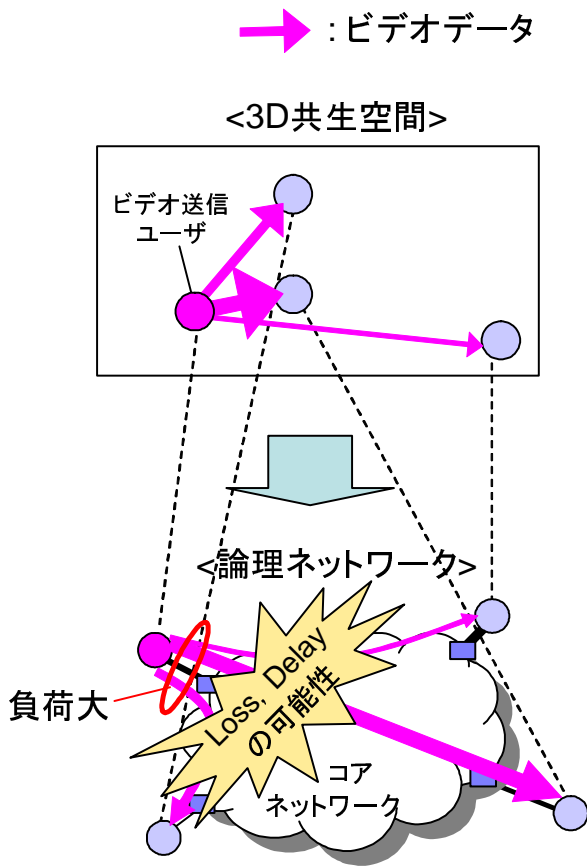


図1 3D 共生空間上でのビデオ転送におけるネットワーク面での問題

### 3 3D 共生空間上で送信するビデオの品質制御

#### 3.1 想定するネットワークモデル

本研究で想定するネットワークモデルを図2に示す。3D 共生空間に参加する各ユーザは、アクセスプロバイダを通しインターネットに接続されている。データは各ユーザ間でビデオを直接送受信する。サーバを経由することなく送受信することで、スケーラビリティを向上させる。また、3D 共生空間上の各ユーザの位置情報に関しては、データサイズがビデオデータに比べて十分に小さいため、処理速度の優先を考えて、位置情報管理サーバを置き集中的に管理することにする。

インターネットのような現在のネットワークを考えた時、コアネットワーク部分は豊富な資源が期待できる。

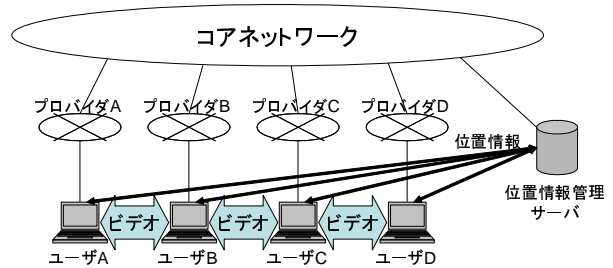


図2 本研究で想定するネットワークモデル

これに対し、アクセスネットワークがボトルネックとなる場合は多い。そこで、本研究では、コアネットワークリソースは十分な量があるものとし、アクセスネットワークリソースを考慮していくことにする。

#### 3.2 ビデオ品質制御手法の提案

本研究において制御対象とするビデオの品質パラメータを

$$\{\text{size, frame rate, quality}\}$$

とする。size はビデオサイズ、frame rate はビデオの再生における1秒間あたりの画像表示回数、quality は画質である。また、これ以降、これら3つのパラメータの集合をビデオ品質と呼ぶ。

次に、ビデオ品質を決定する際の入力情報として、(1)3D 共生空間上の位置、(2)ネットワーク資源、の詳細を述べる。

##### (1) 3D 共生空間上の位置

3D 共生空間内では、ユーザは自由に移動・方向転換することが可能であり、そのため、ユーザ間の位置関係は刻々と変化する。また、3D 共生空間内でのユーザ間の距離が遠い程相手のアバタは小さく見えるため、ビデオの品質、特に size はユーザ間の距離に反比例する。ここで、あるユーザのビデオデータを受信するユーザは複数存在し、かつ各受信ユーザごとに送信ユーザとの位置関係が異なるため、送信ユーザは、書く受信ユーザごとに個別にビデオ品質を調整してビデオデータを送信することが望ましい。

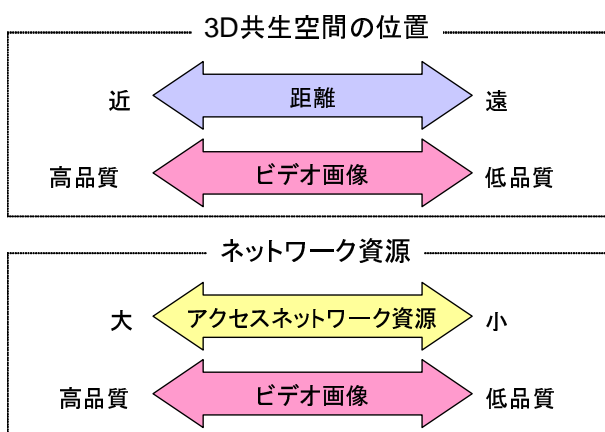


図3 3D 共有空間の位置，ネットワーク資源とビデオ品質の関係

## (2) ネットワーク資源

3.1 節で述べた通り，ネットワーク資源の制約は各ユーザのアクセスネットワークに存在する．例えば，ある送信ユーザのアクセスネットワークの帯域が 10Mbps であった場合，送信ユーザが各受信ユーザに送信できるビデオデータの合計帯域は 10Mbps に制限される．ここで，ある送信ユーザが 10 人の受信ユーザにビデオデータを送信する場合，1 人の受信ユーザに対し平均 1Mbps のビデオデータの送信が可能である．しかしながら，ユーザのアクセスネットワークの帯域は必ずしも均一ではなく，一般に ADSL のような数 Mbps のユーザと FTTH のような数 100Mbps のユーザが混在することが考えられる．このようなヘテロジニアスなネットワーク資源を想定した場合，例えば 10Mbps のアクセスネットワークで接続している送信ユーザ A からのビデオデータを一旦 100Mbps のアクセスネットワークを持つユーザ B に送信し，B から他の 9 人のユーザにビデオデータを転送すれば，理想的な場合 B を含めた 10 人の受信ユーザに 1 人あたり平均 10Mbps のビデオデータを送信することが可能となり，上述のように送信ユーザが直接 10 人のユーザに送信する場合に比べ飛躍的に高い品質のビデオデータを送信することが可能となる．

## 3.3 アプリケーションレベルマルチキャストを用いたビデオ転送の提案

多対多ビデオ会議では各ユーザがそれぞれビデオを送受信する．本研究では，3.2 節で述べたように，アクセスネットワーク資源を考慮してビデオ品質を制御することで，パケットロス等の品質低下を防ぐ．しかしながら，各ユーザの持つアクセスネットワーク資源は異なるため，その資源の差を考慮してより効率的な負荷分散を行うことができれば，品質の向上が期待できる．そのためには，転送経路の制御が重要な課題となる．

転送経路の選択について，多対多ビデオ会議においてはアプリケーションレベルマルチキャスト (以後，ALM と表記) が有効である．ALM は，既存技術である IP マルチキャストに比べ，実装がエンドホストのみで良いことや，アプリケーションレベルでの様々な制御が可能になる点で優れている．

送信ユーザからの直接送信した場合と ALM を用いた

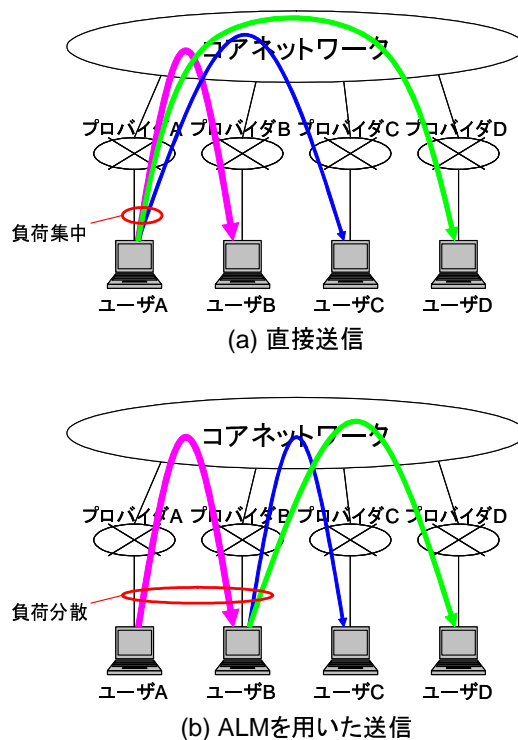


図4 直接送信と ALM を用いた場合の比較

場合の比較を図4に示す。送信ユーザから受信ユーザへ直接ビデオを転送すると、アクセスネットワークに流れるビデオストリームは必ず送信先ユーザの数だけ必要になってしまうため、アクセスネットワーク資源の乏しいユーザは低い品質のビデオしか送れない(図4(a))。これに対し、ALMを用いる場合は、アクセスネットワーク資源の豊富なユーザに転送を委ねることで、アクセスネットワーク資源の乏しいユーザでも比較的高品質のビデオ転送が期待できる(図4(b))。

マルチメディアアプリケーションを想定したALM手法について研究はされてきている[8]が、本研究においては、想定アプリケーションが3D共生空間上で流すビデオであるため、送信先ユーザによって異なる品質にしなければならない点と、動的な品質制御を高速に行うことが必要である点が課題となる。

#### 4 設計方針

3.2節や3.3節で述べた機能に基づき、具体的な設計方針について述べる。

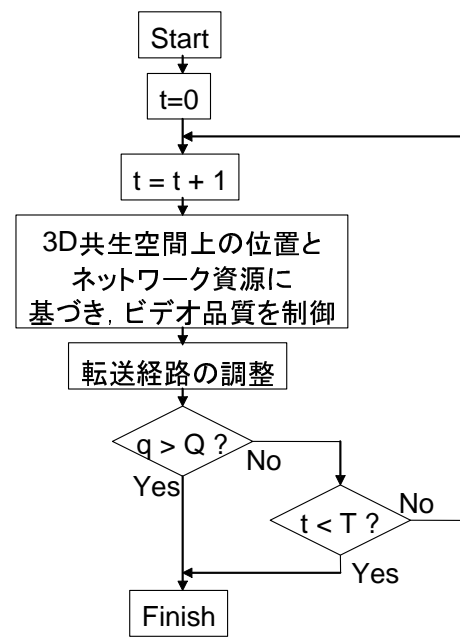
3.2節と3.3節で述べた機能は、別個に扱うことはできない。品質制御自体は3の機能で行うが、3.3節の機能で転送経路を調整した際に、転送ビデオ品質を再制御し直した方が良い場合もあると考えられる。そこで、

- (1) ビデオ品質制御
- (2) 転送経路決定

の手順を繰り返して、より適切な品質を導くべきである。だが、このような制御の流れを繰り返すことにはトレードオフが存在する[7]。すなわち、制御の繰り返し回数が多くなるほど、制御精度は向上するが、制御の時間的遅延が大きくなるため、結果として要求と提供間にずれが生じる。マルチメディアアプリケーションにとって時間的即応性は重要なものとなるため、制御の繰り返しについては十分配慮する必要がある。この制御の基本的な方針を表すものとして、図5に制御フローを示す。

#### 5 実装

上述の設計方針に基づき、現在プロトタイプシステムの実装を進めている。



t:制御回数  
T:制御回数のスレシヨルド値  
q:ビデオ品質  
Q:ビデオ品質のスレシヨルド値

図5 制御フロー

実装言語にはJavaを用いる。ビデオ等の制御のためにJava Media Framework (JMF) を、3D共生空間の制御のためにJava3Dを使う。

プロトタイプシステムの作成に関して、3.3節でも述べたとおり、ビデオ転送にALMを用い、ビデオ中継ノードは受け取ったビデオの品質を調整し直してから転送する。通常、品質の調整は比較的負荷の高い調整であるため、反復的な品質調整は、即応性を必要とするマルチメディアアプリケーションには適さない。そこで本研究では、メディアフォーマットにMotion-JPEG2000(M-JPEG2000)を使用することを想定している。ビデオ品質を制御するにあたって、M-JPEG2000はスケーラビリティ(1ファイルから異なる解像度の画像を取得することができること)等有効な機能が多く、これを利用することで、素早い品質調整が可能であると考えられる。

## 6 むすび

3D 共生空間上でのビデオ転送における, ビデオの品質制御手法の研究を進めている. 研究目的は, ネットワーク資源の効率的な活用をし, ユーザにできるだけ高い品質のビデオを提供することである. 本研究では, 3D 共生空間上の位置とネットワーク資源に基づきビデオの品質を制御する手法について提案し, 本論分ではその提案手法に対するアプローチの方針を述べた.

今後の予定としては, 提案手法の設計詳細化や, アプリケーションへの機能付随のための実装を行っていくことである.

## 参考文献

- [1] Microsoft Corporation: “MSN Messenger”,  
URL: <http://messenger.msn.co.jp/>
- [2] Yahoo Japan Corporation: “Yahoo! Messenger”,  
URL: <http://messenger.yahoo.co.jp/>
- [3] 杉山俊春, “3次元仮想空間における対話支援環境の研究”, 修士論文, 東北大学, 2001
- [4] Takuo Suganuma, Shintaro Imai, Tetsuo Kinoshita, Kenji Sugawara, Norio Shiratori: “A Flexible Videoconference System Based on Multiagent Framework”, IEEE Transactions on Systems and Cybernetics - Part A: Systems and Humans. Vol.33, No.5, September 2003
- [5] 大前良介, 菅沼拓夫, 白鳥則郎, “利用者要求を反映した制御ポリシーに基づく3次元共有空間の動的QoS制御”, NS/CS/IN 研究会, 電子情報通信学会, 2004
- [6] Hideyuki Nakanishi, “FreeWalk: a social interaction platform for group behaviour in a virtual space”, International Journal of Human-Computer Studies, Volume 60, Issue 4, April 2004, Pages 421-454
- [7] 八槇博史, 山内裕, 石田亨, “市場モデルによるアプリケーションQoSの制御: 実装上のトレードオフ”, 情報処理学会論文誌, マルチメディア通信, Vol.40 No.1, Jan. 1999,
- [8] 高野健一郎, “多対多ビデオ会議システムのためのア