

ATM ネットワークを用いた QoS 対応 CG データ転送方式の提案

塚 越 雅 人†,☆

本論文では、限られたネットワーク資源を有効に活用して、大容量コンピュータグラフィックス (CG) データを効率的に転送する方式を提案する。提案方式の特徴は、QoS (サービス品質: Quality of Service) を提供可能な ATM (Asynchronous Transfer Mode) ネットワークを用いて、(1) QoS プロパティ通知に基づいてデータ転送コネクションを確立し、(2) ネットワークの負荷に応じてデータの優先転送制御を行うことである。提案方式により、受信端末の様々な要求を的確に反映し、Quick Look (概要レベルの表示) が可能になるとともに、ネットワーク資源の不必要な占有を回避した、真の意味での有効スループット (ユーザが真に必要なとしている情報の割合) の向上が可能になる。資源予約プロトコル (RSVP: Resource Reservation Protocol) と連動したシミュレーション評価により、提案方式が有効に機能し、ユーザからの QoS 要求を満たすことを示す。

Proposal of QoS-supported CG Data Transmission Method over ATM Network

MASATO TSUKAKOSHI†,☆

This paper proposes a data transmission method for large-scale CG (Computer Graphics) data using an ATM (Asynchronous Transfer Mode)-based network. The main features of the proposed method are (1) connection setup using QoS (Quality of Service) properties notified by a receive terminal, and (2) priority control of transmitting CG data according to network loads. This method can achieve efficient network resource allocation and increase in effective data throughput. A simulation using RSVP (Resource Reservation Protocol) has shown that the proposed method works well on an ATM-based network.

1. はじめに

近年、大規模科学技術計算や環境シミュレーション等の分野において取り扱う 3 次元コンピュータグラフィックス (CG) データの量は飛躍的に増大しており、近い将来数百ギガバイトからテラバイトオーダーとなると予想される。このような大容量 CG データを ATM ネットワークで結ばれた分散計算機システムで取り扱うためには、(1) ネットワーク帯域の拡大と、(2) ネットワーク資源の有効活用を考慮した高効率転送技術が必要である。(1)については、毎秒ギガビット以上の帯域を持つネットワークが必要であるが、現時点ではいまだ標準化途中であり、実用化には相当な時間がかかるであろう。(2)については、CG データの効率

的な削減 (表示上重要でない部分の積極削減)^{1),2)} 転送方式と、ATM (Asynchronous Transfer Mode) ネットワークの QoS (サービス品質: Quality of Service) に対応した転送制御方式^{3),4)} とが考えられる。

高速・広帯域のネットワーク技術として広域ネットワークへの適用を念頭に標準化が進められた ATM^{5),6)} は、The ATM Forum の結成により LAN (Local Area Network) へのアクセス技術^{7),8)} として注目されるようになり、ATM-LAN が各方面で導入され始めている。ATM-LAN では遅延、廃棄率等の様々な QoS が各通信ごとに利用可能である。このような状況から、本論文では ATM-LAN を用いた大容量 CG データの転送方式について検討し、QoS 対応高効率転送方式を提案する。

従来、ATM 上で QoS を考慮したデータ転送として、圧縮ビデオデータをリアルタイムで効率的に転送する研究が各方面でなされている^{9)~13)}。これらによると、転送データ特性と ATM の QoS との対応付け、および動的転送帯域制御により、ユーザに一定レート の安定したビデオ画像をリアルタイムに提供すること

† 超高速ネットワーク・コンピュータ技術研究所
Ultra-high Speed Network and Computer Technology
Laboratories

☆ 現在、日立製作所システム開発研究所
Presently with Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

を可能としている。しかしながら、ビデオ画像は2次元画像フレームを構成する画素データで構成されており、3次元形状を表す図形(線、面)の座標とそのつながり方を示す3次元CGデータとは本質的に異なるものである。それゆえ、3次元CGデータの構造に適した効率的なATM転送方式については、新たな研究課題として取り組む必要がある。

本論文では、3次元CGデータとして広く利用されているポリゴンデータを対象に、ATM-LAN上でQoSを考慮した転送方式を提案し、シミュレーションによる評価結果を示す。ポリゴンデータは、3次元形状を多角形(ポリゴン)の張り合わせで表現するためのデータ形式である。提案方式の特徴は、(1)ネットワークの負荷に応じた輪郭情報優先転送、および、(2)QoSプロパティ通知に基づいたデータ転送コネクシオンの確立である。以下、2章でポリゴン転送システムと従来技術の問題点を述べ、3章でポリゴン転送方式の提案を行う。4章では、提案方式についてシミュレーションによる評価結果を示し、本方式の有効性について考察を行う。

2. ポリゴン転送システム

2.1 システムの概要

図1に対象としている大容量ポリゴンデータ転送システムのイメージを示す。本システムは、QoS設定可能な高速ネットワークであるATM-LANを用い、サーバ・クライアント型通信を行うものである。具体的には、クライアントである受信端末にポリゴンデータの転送/表示要求が生じると、サーバである送信端末に対して該当データの転送要求メッセージを送信し、所望のポリゴンデータを3次元対応のブラウザ^{14),15)}で表示して様々なプレゼンテーションや遠隔設計を行うことを想定している。

2.2 従来技術の問題点

従来、ATM-LANのQoSおよびトラフィックパラメータは、データ送信端末が、自己の処理能力やバッファ利用率等から決定しており、受信端末の状態を反映させる試みはされていなかった。ネットワーク内の通信資源を予約するプロトコルとして資源予約プロトコルRSVP(Resource Reservation Protocol)がIETF(Internet Engineering Task Force)によって標準化途中であり、種々のQoSパラメータをIP(Internet Protocol)レベルで受渡し可能となっている¹⁶⁾。これを受けて、ATMネットワーク上でRSVPを動作させる方式の検討もさかに行われている^{17)~19)}。しかしながら、これらはネットワーク内でのQoS保証の

枠組みを示すものであり、アプリケーションプログラムによって生成された転送対象データの特性に応じたQoS保証、言い換えれば、QoS機能の活用技術について述べているものではない。このような活用技術については、各アプリケーションに対応した方式が与えられなければならない。解決すべき問題点を以下に列挙する。

(1) 受信端末の要求への対応

画像転送/表示アプリケーションにおける受信端末の要求としては、たとえば、(a)一定時間内に完全な画像を得られない場合は転送不要、(b)長く待っても完全な画像が必要、(c)待ち時間が大きい場合は概要レベルの画像を得たい等、様々なものが考えられる。従来はこのような要求をアプリケーションからどのように伝えるか、また、そのための転送フォーマットはどのようなものが良いかについての検討がされていなかった。このため、本来受信側が満足できる以上のネットワーク資源が占有される状況が起りえて、データ転送は非効率的となっていた。

(2) ダイレクトモードの活用

アプリケーションが直接ATMドライバにアクセスするダイレクトモードは、TCP/IPを用いてアクセスするIPモードに比べてプロトコル処理が少ない分、大容量データの一括転送には性能的に有利である。従来は、本論文で対象としているテラバイトオーダーのデータ転送のニーズがなかったため、ダイレクトモードの活用についての検討はほとんどされていなかった。

3. ポリゴン転送方式

前章で述べた問題点を解決するため、QoS対応ポリゴン転送方式を提案する。以下では、転送フォーマット、ネットワークの負荷に応じた転送制御基本方式を述べた後、RSVPとの連携方式について記述する。

3.1 基本的考え方

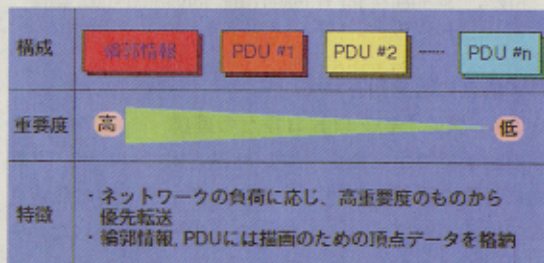
図1で示した3次元対応ブラウザを用いた通信では、トラフィックは間欠的であり、リアルタイム性に対する要求もさほど厳しくもない。したがって、本方式の前提とするサービス種別はABR(Available Bit Rate)サービス^{20),21)}とする。

提案方式は、ポリゴンデータの構成を図2に示すように輪郭情報と、重要度の順に並べられたポリゴンデータユニットの集まりとして定義し、これをATM-LANの上で効率的に転送するものである。輪郭情報とは、ポリゴンデータの輪郭部分を抽出した情報であり、この情報のみで輪郭画像の表示が可能なるものである。



図1 システムイメージ

Fig.1 System image.



PDU: ポリゴンデータユニット

図2 ポリゴンデータ構成

Fig.2 Polygonal data format.

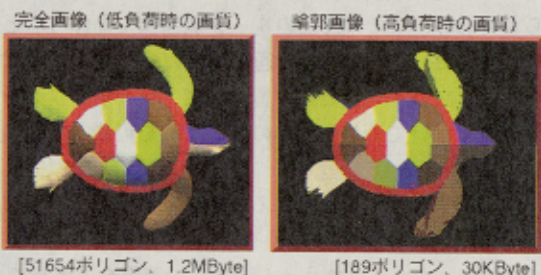


図3 ポリゴン画像例

Fig.3 Example of polygonal image (full and outline).

また、ポリゴンデータユニットとは、ポリゴンデータをいくつかのグループに分けたものであり^{*}、単独で画像の一部を表示できるものである。各ポリゴンデータユニットの重要度を設定するには、受信端末からの要求（個々のユーザからの要求）に基づく方法と、送信端末であらかじめ自動あるいは手動で設定する方法が考えられる。送信端末での自動設定時の重要度決定指標の一例として、ポリゴンデータユニットが占める面積が大きいほど高い重要度とすることが考えられる。

^{*} たとえば飛行機を示すポリゴンデータなら胴体、主翼、尾翼などにグループ分けする。

提案方式は、結果として重要度の順に並んだポリゴンデータユニットが得られれば、前述した重要度の設定方法にかかわらずに適用可能である。

輪郭情報のみで表示した画像と完全画像の例を図3に示す。輪郭画像は約1/40の容量で、完全画像にあるこんもりとした質感を得ることはできないが、大体の形を理解することは十分に可能である。

本方式の特徴を以下に示す。

(1) 転送データ量動的制御

ATM-LANの負荷変動による転送帯域の増減に応じて、転送するポリゴンデータ量を変化させる。ポリゴンデータを図2のように構成させ、輪郭情報を最優先に転送し、その後で重要度の高いポリゴンデータユニットから優先転送を行う。

(2) Service On Demand

実際のデータ転送の前に、受信端末から送信端末へ輪郭情報のみの転送の可否と、最大許容待ち時間等のプロパティを通知させる。送信端末は、最大許容待ち時間以内に輪郭情報のみ、またはポリゴンデータ全体を転送するのに必要な帯域を求め、これを基にデータ転送用のコネクションを確立する。

転送データ量動的制御とService On Demandは連動し、2.2節で述べた受信端末要求への対応問題を解決する。すなわち、データ転送中に受信端末の待ち時間が最大許容待ち時間を超えると判断された時点で転送を止めることにより、ユーザが真に必要としているデータのみを効率的に転送することを可能にする。

(3) Double Mode 転送

同一サブネットにない端末どうしの通信^{**}にはIPモードを用いる一方、サブネット内通信にはダイレクトモードを用い、効率的な通信を実現する。モード切り替えの判断は、IP経路制御テーブルを参照することにより行う。

以下、本論文では、主に転送データ量動的制御とService On Demandについて述べる。

3.2 転送シーケンス

図4は、ポリゴンデータ受信端末と送信端末の間のポリゴン転送シーケンスを表したものである。受信端末から通知されるプロパティが輪郭情報のみの転送可、最大許容待ち時間がTである場合について示してある。言い換えれば、T以内に最低限輪郭情報のみの画像を得たいという要求に基づいたシーケンスである。

送信端末は、該当ポリゴンデータの輪郭情報の長さ

^{**} IPルーティングが必要な通信。

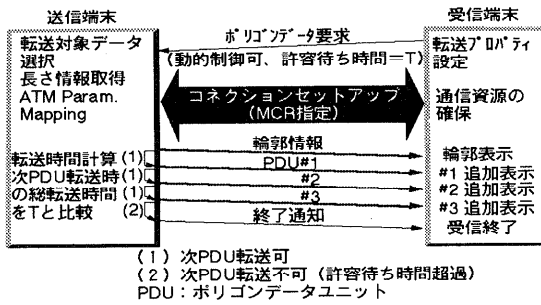


図4 ポリゴン画像転送シーケンス

Fig. 4 Sequence for transferring polygonal data.

と最大許容待ち時間からデータ転送に必要なセル速度を求め、これをMCR（最小セル速度：Minimum Cell Rate）とする。具体的には、受信端末がポリゴンデータの受信にかけられる時間を求め、この時間内に輪郭情報を転送できる帯域をMCRとする。

送信端末は、上記により求めたMCRを指定したABRコネクションを確立し、輪郭情報の転送を開始する。輪郭情報転送終了後、その転送時間を輪郭情報の長さで割ることにより現在の帯域を算出する。この帯域で次に続くポリゴンデータユニット#1を転送した場合の総転送時間（輪郭情報転送開始からポリゴンデータユニット#1転送終了までの時間）を算出し、これが受信側の要求する最大許容待ち時間Tを満足するか否かを判定する。ポリゴンデータユニット#1を転送してもT以内に受信端末での受信が終了すると判断されるときは転送を継続する。これを各ポリゴンデータユニット転送ごとに行い、Tを満足しない恐れがあるとき、すなわちT以内に受信端末での受信が終了しないと判断された場合、データ転送を終了する。

受信端末は、輪郭情報や各ポリゴンデータユニット受信ごとに画面への追加表示を行い、送信端末からの終了通知を受信した時点で受信処理を終了する。

受信端末から通知されるプロパティが輪郭情報のみの転送不可、すなわち、つねに完全画像を得たいという要求がある場合は、該当ポリゴンデータ全体の長さと最大許容待ち時間Tから、前述した手順に従いデータ転送に必要なセル速度を求め、これをMCRとする。MCRがリンク帯域以下であるなら、コネクションセットアップを行ってデータ転送を行う。MCRがリンク帯域を上回る場合、データ転送は行われずに受信端末に転送不可を知らせる。このとき、受信端末はTに対する要求を緩和するか、データ転送を断念するかを判断する。この受信端末の動作は、輪郭情報のみの転送可/不可にかかわらず、ネットワークリソースが不十分でコネクションセットアップが失敗したすべ

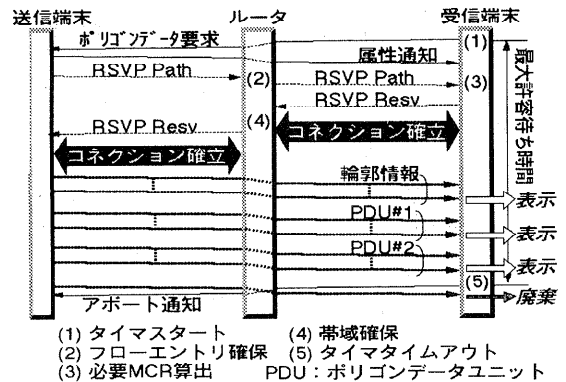


図5 ポリゴン画像転送シーケンス (RSVP 使用)

Fig. 5 Sequence for transferring polygonal data with RSVP.

の場合にも適用される。

3.3 資源予約プロトコルとの連携

前節までで示したポリゴン転送方式では、データ転送に必要な帯域の割当ては同一サブネット内に限定されている。サブネットを越えた（ルータを介した）先でのATM-LANについては、送信端末から帯域を制御することが困難である。

ルータを介したサブネット間通信におけるネットワーク資源予約方式として、RSVPの標準化が進められており、すでに一部のルータ製品にて動作可能となっている。RSVPはIP通信の前に実行されるシグナリングプロトコルとの位置づけで、マルチサブネット環境において受信側主導の資源予約を可能とするものである。

受信端末の状況を反映するという観点から、提案しているポリゴン転送方式とRSVPは親和性の高いものである。マルチサブネット環境への適用を考慮して、本節ではRSVPと前節で提案した方式との連携方式について述べる。

図5にRSVPを用いたポリゴン画像転送シーケンスを示す。図4と違い、プロパティを送信端末に通知することなく、ポリゴンデータの長さに関する情報を送信端末からもらい、必要とするMCRを受信端末が算出する。また、最大許容待ち時間の監視も受信端末で行い、時間を超過した時点で送信端末にアボート通知を行うことで転送を終了させる。以下に詳しい動作を述べる。

送信端末は、ポリゴンデータの輪郭情報とポリゴンデータ全体の長さ情報を記録した属性通知メッセージを送信後、RSVP Pathメッセージを送信する。受信端末では、ポリゴンデータ要求メッセージ送信から属性通知メッセージの受信までの時間を計測することに

よりラウンドトリップタイムの概算値 (t_1) を得る。得た t_1 とコネクションセットアップ遅延から、現時点からポリゴンデータの先頭パケット (輪郭情報の先頭パケット) が到着するまでの時間 (t_2) を予測する。最大許容待ち時間から t_1 と t_2 を差し引いた時間が実際のデータ受信に費やすことのできる時間であり、この時間から輪郭情報転送可/不可とポリゴンデータの長さ情報 (全体, 輪郭) を考慮して必要 MCR を算出する。

求めた必要 MCR を RSVP Resv メッセージに埋め込み、送信端末に送信する。途中、ルータと受信端末の間、および送信端末とルータとの間でコネクションセットアップが行われる。

その後で、ポリゴンデータが輪郭情報から順番に複数の IP パケットに分割されて転送される。受信端末では、それぞれの最終 IP パケットを受信した時点で輪郭情報、あるいはポリゴンデータユニットを組み立て、順次表示を行う。最大許容待ち時間を監視するタイマがタイムアウトした時点でアボート通知メッセージを送信端末に送信し、受信を終了する。

4. 評価

RSVP を用いた拡張システムについてシミュレーションによる評価を行った。本章ではその結果を示す。

4.1 シミュレーションモデル

図 6 にシミュレーションモデルを示す。送信端末であるサーバと受信端末であるクライアントはそれぞれ別の論理サブネットに属しており、この間の通信はルータを介して行われる。ネットワークの高負荷状態を作り出すために、トラフィックジェネレータからのトラフィックをルータ経由で発生させることとする。主な前提条件を表 1 にまとめて示す。

各コネクションでの MCR を保証するために、スイッチ内部ではコネクション対応の待ちキューを設け (per-VC queueing), 各キューごとにタイマ制御機構を実装した。

4.2 評価結果

受信端末が通知するプロパティとして輪郭情報のみの転送の可否, 最大許容待ち時間の種々の組合せを設定し, 無負荷/中負荷/高負荷の条件下で画質の変化, 総転送時間等を測定した。以下の評価結果では, 最大許容待ち時間の値として 0.15, 0.2, 0.24 秒を用いているが, これは意図的に選んだものではなく, 他の値であっても提案方式の効果は十分に実証できる。

個々のプロパティでの動作を確認するために受信端末が 1 個の場合, および, 各コネクション間の相互作

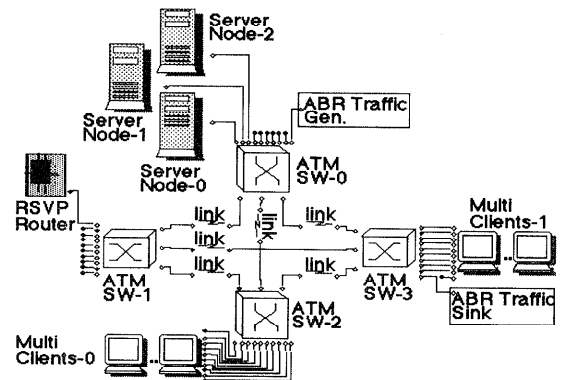


図 6 シミュレーションモデル

Fig. 6 Simulation model.

表 1 前提条件

Table 1 Simulation parameter.

パラメータ名称	設定値
ATM リンク帯域	すべて 155 Mbps
輪郭情報データ長	30 KByte
ポリゴンデータユニット	40 KByte × 30 units
バッファサイズ (スイッチ)	2000 cells
最大許容待ち時間	0.15~0.24 sec
ABR Traffic MCR (in Mbps)	15~115 Mbps

用 (帯域の争奪) を確認するために 3 個の受信端末がある場合の結果を以下に示す。

4.2.1 1 端末モデル

図 7~10 は, 輪郭情報のみの転送可, 最大許容待ち時間 0.15 秒のプロパティ, すなわち, 0.15 秒以内に最低限輪郭情報のみの画像を得たいという要求が与えられた場合の動作を示したものである。受信端末はシミュレーション開始と同時にポリゴンデータ要求を行い, 最大許容待ち時間超過, あるいは全ポリゴンデータ受信後すぐに次のポリゴンデータ要求を送信端末に出すものとする。また, 送信端末の ACR (使用可能セル速度: Available Cell Rate) は転送するデータがあるときはつねに定められた間隔[☆]で上昇を続け, あるポリゴンデータ転送開始時の ACR は前のポリゴンデータ転送に使用した ACR を引き継ぐものとする。

図 7 は送信端末の ACR の変化を無負荷, 中負荷 (ABR Traffic MCR = 70 Mbps), 高負荷 (同, 110 Mbps) について示したものである。負荷発生による過渡的な現象を観測するために, トラフィックは 0.6 秒からかけ始めている (以下同様)。無負荷の場合はポリゴンデータ転送ごとに ACR は上昇を続け, 1.1 秒前後で PCR に達している。負荷をかけた場合

[☆] ACR と PCR (ピークセル速度: Peak Cell Rate) の比に応じて 1~3 ms ごとに 3 Mbps。なお, 本評価では PCR は ATM リンク帯域と同じとした。

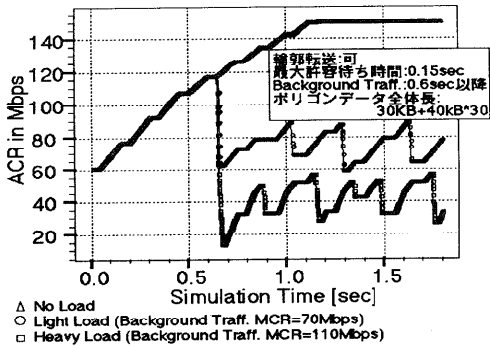


図7 送信端末の ACR
Fig.7 ACR at server terminal.

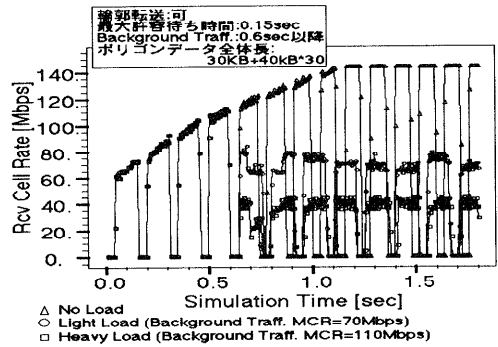


図9 受信セルレート
Fig.9 Recieve cell rate at client terminal.

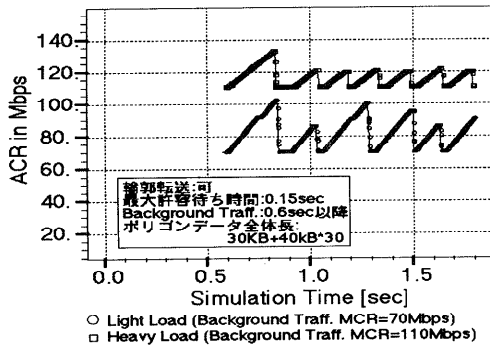


図8 トラフィックジェネレータの ACR
Fig.8 ACR at traffic generator.

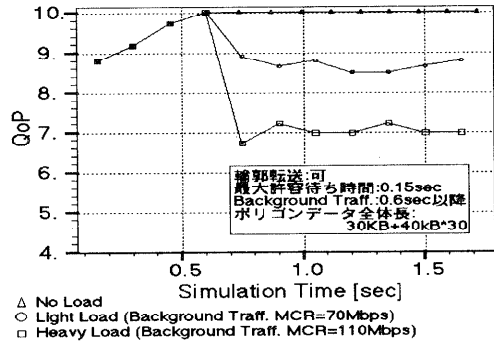


図10 受信画質
Fig.10 Quality of picture at client terminal.

は ABR 輻輳フィードバック制御により、負荷の度合に応じて ACR は減少する。図 8 はトラフィックジェネレータの ACR である。図 7 に示した送信端末の ACR と比べると、中負荷の場合、トラフィックジェネレータの ACR はおよそ 80 Mbps 前後、送信端末の ACR はおよそ 75 Mbps 前後である。両者の和は、ちょうど ATM リンク帯域 (155 Mbps) に等しくなっており、リソースの共有を行う ABR アルゴリズムが有効に動作していることが分かる。高負荷のときも同様である。

図 9 は受信端末における受信セルレートであり、中負荷の場合に 70 Mbps 前後、高負荷の場合に 40 Mbps 前後の受信レートが得られている。最終的に得られたポリゴンデータの画質を図 10 に示す。ここでは、画質 (Quality of Picture: QoP) を、輪郭情報のみのときには $QoP = 3$ 、全データ受信時には $QoP = 10$ となるように、次式で定義する。

$$QoP = 3 + \log((rPDU/tPDU) \times 9 + 1) \times 7$$

ただし、 $rPDU$: 受信ポリゴンデータユニット数、 $tPDU$: 全ポリゴンデータユニット数。

提案方式では、輪郭情報のみで大体の形を理解できること、そして、受信したポリゴンデータユニットの

数が全体の 50%程度するとき ($QoP = 8.2$) の画像でも、ほぼ完全画像に近い画質が得られることなどの経験則から、log 関数を用いた独自の評価式を提案した。

無負荷の場合は ACR 上昇に従って最終的には画質 10 に安定するが、負荷をかけた場合は最大許容待ち時間を守るため画質をある程度落とした状態で受信完了となっており、提案方式が機能していることが分かる。

輪郭情報のみの転送可、最大許容待ち時間 0.2 秒のプロパティ、すなわち、0.2 秒以内に最低限輪郭情報のみの画像を得たいという要求が与えられた場合の画質と総転送時間 (要求を出してから受信完了となるまでの経過時間) を図 11 および図 12 に示す。図 10 と比べ、最大許容待ち時間が増加した分だけ得られる画質が良くなっており、また、総転送時間はつねに最大許容待ち時間 (0.2 秒) 以下に抑えられるとともに、この範囲内で可能な限りのポリゴンデータユニットを受信していることが分かる。

輪郭情報のみの転送が不可、最大許容待ち時間 0.24 秒のプロパティ、すなわち、0.24 秒以内に完全画像を得たいという要求が与えられた場合の受信端末が要求する MCR と送信端末の ACR を図 13 および図 14 に示す。負荷が高いほど要求する MCR が増加してい

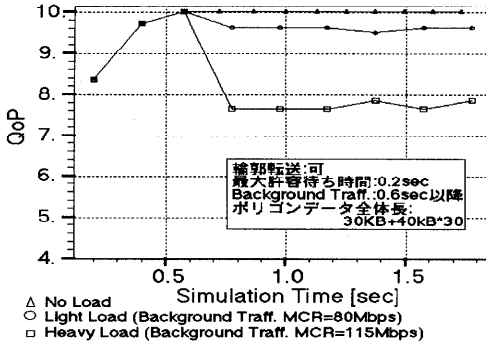


図 11 受信画質

Fig. 11 Quality of picture at client terminal.

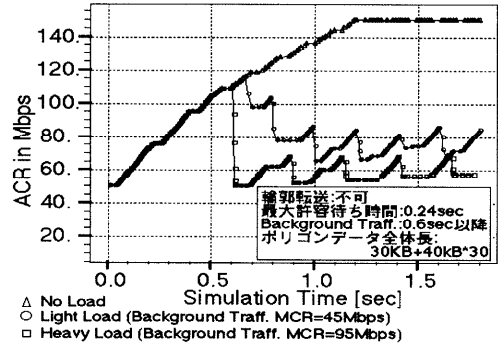


図 14 送信端末の ACR

Fig. 14 ACR at server terminal.

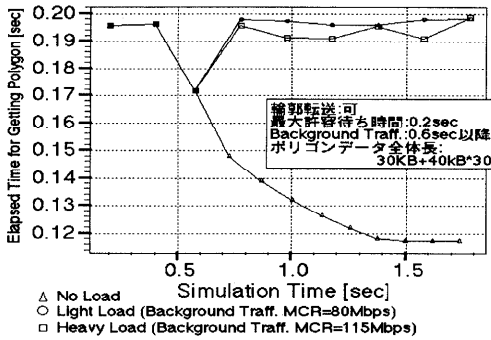


図 12 転送終了までの経過時間

Fig. 12 Elapsed time for transferring polygonal data.

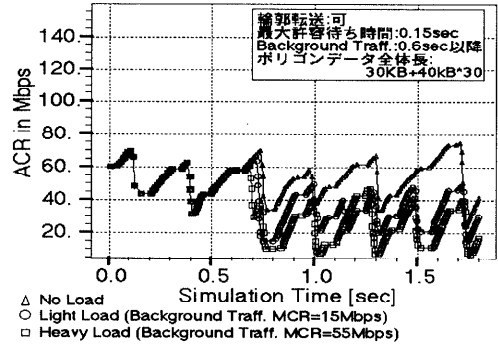


図 15 送信端末の ACR (3 端末モデル) - 1

Fig. 15 ACR at server terminal (3 term sim.) - 1.

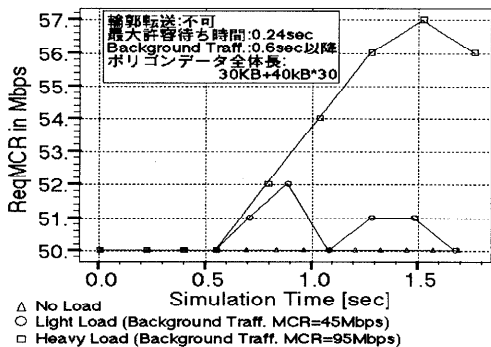


図 13 受信端末が要求する MCR

Fig. 13 MCR value requested by client terminal.

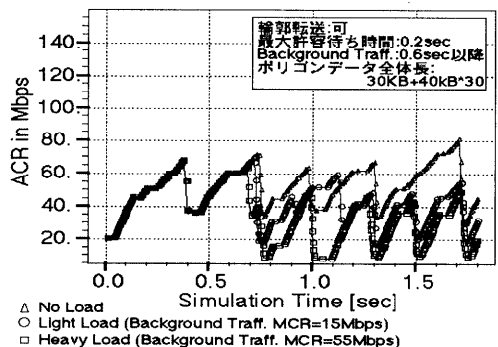


図 16 送信端末の ACR (3 端末モデル) - 2

Fig. 16 ACR at server terminal (3 term sim.) - 2.

る。高負荷の場合のみ、ACR は MCR まで減少しているが、これは受信端末が要求した MCR の値を反映したものとなっている。

4.2.2 3 端末モデル

図 15~19 に 3 端末モデルでの動作を示す。各端末のプロパティ情報は、コネクション 1: 輪郭情報のみの転送可/最大許容待ち時間 0.15 秒, コネクション 2: 輪郭情報のみの転送可/最大許容待ち時間 0.2 秒, コネクション 3: 輪郭情報のみの転送不可/最大許容待ち時間 0.24 秒に設定した。

図 15 から図 17 は各コネクションにおける送信端末の ACR の変化を示したものである。帯域の争奪が起こるため、無負荷の場合でも ACR は増減を繰り返す。負荷がある場合、全帯域からトラフィックジェネレータが占有する帯域を引いた分を 3 つのコネクションで共有することになる。要求する MCR は、つねに完全画像の転送が要求されるコネクション 3 が 50 Mbps 近辺と最も高いため、他コネクションに対して多くの帯域が割り当てられている。

コネクション 1 および 2 の場合について、受信端

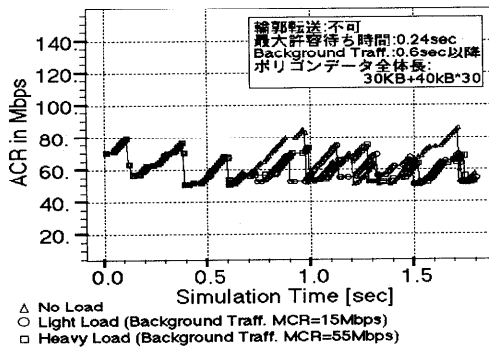


図 17 送信端末の ACR (3 端末モデル) - 3
Fig. 17 ACR at server terminal (3 term sim.) - 3.

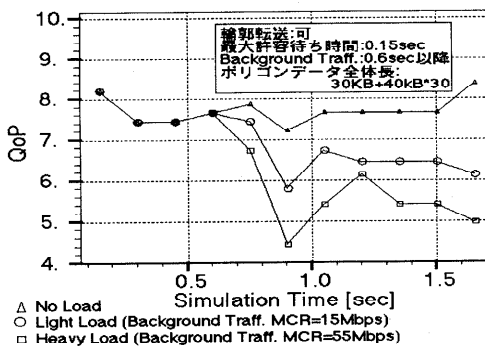


図 18 受信画質 (3 端末モデル) - 1
Fig. 18 Quality of picture at client terminal
(3 term sim.) - 1.

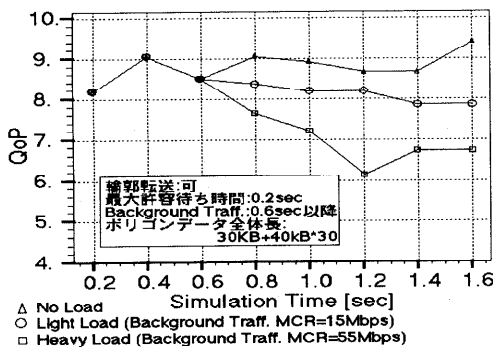


図 19 受信画質 (3 端末モデル) - 2
Fig. 19 Quality of picture at client terminal
(3 term sim.) - 2.

末で得られる画質を図 18 および図 19 に示す。コネクション 3 については、得られる画質がつねに 10 であるためここでは図示していない。図 10 および図 11 と比較すると、1 端末モデルのときに比べて低下した ACR で同じ最大許容待ち時間を満足するために、3 端末モデルではさらに画質を落とした状態で受信完了となっていることが分かる。

4.3 考 察

提案した QoS 対応ポリゴン転送方式は RSVP と連動することにより、ルータによって相互接続された ATM-LAN 環境において有効に機能することが示された。輪郭情報の転送可否、最大許容待ち時間からなるプロパティにより必要 MCR を計算し、データ転送用コネクションの確立に用いる Service On Demand は、プロパティが同じであっても負荷が高いほど必要 MCR が高くなり、ネットワークの状況を適切に反映している (図 13)。また、プロパティを考慮した転送データ量動的制御は、最大許容待ち時間の範囲内で可能な限り多くのポリゴンデータユニットを転送しており、最大許容待ち時間が長いほど、得られる画質が向上している (図 10, 11)。この傾向は 3 端末モデルによって画質が全体的に低下する状況においても保たれている (図 18, 19)。

上記により、従来検討がなされていなかった受信端末の要求を実際の転送に反映させることが可能になることが示された。さらに、ネットワークが高負荷であっても、従来にはなかった概要レベルでの転送・表示 (図 3) を行うことにより、受信端末が要求する最大許容待ち時間を満たすことができ、ユーザに快適なポリゴンデータ転送・表示環境を提供可能なことが確認できた。

5. おわりに

本論文では、大容量の CG データを ATM-LAN 上で効率的に転送するしくみを確立することを目的に、QoS 対応大容量 CG データ画像転送方式を提案した。提案方式の特徴は、(1) ネットワークの負荷に応じた輪郭情報優先転送、(2) QoS プロパティに基づくデータ転送コネクションの確立である。提案方式により、受信端末の様々な要求を的確に反映し、いわゆる Quick Look (概要レベルの表示) を可能にするとともに、ネットワーク資源の不必要な占有を回避し、真の意味での有効スループット (ユーザが真に必要としている情報の割合) を向上させることができる。また、RSVP と連動したシミュレーション評価により、提案方式が ATM-LAN において有効に機能し、ユーザからの QoS 要求を満足できることを示した。

提案方式は、ポリゴンデータのみならず、一般に輪郭情報や重要度の順にデータを構成することができる CG データについても適用可能である。

参 考 文 献

- 1) Nagasawa, M.: Surface data compression us-

- ing vector representation, *Proc. Visual Information Systems '96*, Tam, A. (Ed.), pp.201-205 (1996).
- 2) Nishioka, D.: Reducing polygonal data by structural grouping algorithm, *Lecture Notes in Computer Science*, Chin, R.T. (Ed.), pp.140-151, Springer Hong Kong (1995).
 - 3) 塚越雅人: ATM ネットワークにおけるポリゴン転送方式の一考察, 第 52 回情報処理学会全国大会論文集, Vol.1, pp.195-196 (1996).
 - 4) 塚越雅人: ATM を用いたポリゴン転送方式の評価, 1996 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-724 (1996).
 - 5) ITU-T: Broadband aspects of ISDN, ITU-T Recommendation I.121 (1990).
 - 6) Minzer, S.F.: Broadband ISDN and Asynchronous Transfer Mode (ATM), *IEEE Comm. Magz.*, Vol.27, No.9, pp.17-24 (1989).
 - 7) Newman, P.: ATM Local Area Networks, *IEEE Comm. Magz.*, pp.86-98 (1994).
 - 8) Alles, A.: *ATM Internetworking* (1995). 設楽常巳 (訳): ATM インターネットワーキング, 日経 BP 出版センター (1995).
 - 9) Dygert, T.: MPEG AAL Packing Perspective-Justification for Re-Examining the Choice of AAL5 versus AAL1 for ATM Transport of MPEG, ATM Forum Specification 95-1332 (1995).
 - 10) CSELT: Delay and jitter of an ATM network carrying MPEG2: Analytical and simulation results, ATM Forum Specification 94-0518 (1994).
 - 11) Dixit, S.S. and Kumar, A.: Proposals for Carrying CBR MPEG-2 Transport Streams Over ATM for Interactive and Broadcast Video-Audio Services, ATM Forum Specification 94-1124 (1994).
 - 12) Wright, S.A.: SAA Audio-visual Multimedia Service (AMS) Implementation Agreement, ATM Forum Specification 95-0012R6 (1995).
 - 13) 知念 正, 柴田義孝: パケット紛失を考慮した連続メディア転送プロトコルの研究, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp.71-78, 八幡平, 情報処理学会 (1996).
 - 14) Nagasawa, M., Nishioka, D., Tsukakoshi, M. and Noda, F.: GhostSpace: Remote co-design environments using the progressive surface data transmission over the ATM networks, SIGGRAPH '96 Application Demo Survey (1996).
 - 15) 西岡大祐, 長澤幹夫: 三次元データビューア GhostSpace の開発, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp.261-266, 八幡平, 情報処理学会 (1996).
 - 16) Braden, R., Zhang, L., Berson, S., Herzog, S. and Jamin, S.: Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1: Functional Specification, IETF Internet Draft draft-ietf-rsvp-spec (1996).
 - 17) Berson, S. and Berger, L.: IP Integrated Services with RSVP over ATM, IETF Internet Draft draft-ietf-issll-atm-support (1996).
 - 18) Williams, D., Guerin, R. and Kandlur, D.: ATM Virtual Circuit Identification Support for an RSVP-based Service, IETF Internet Draft draft-williams-issll-vcuse (1996).
 - 19) Fujikawa, K.: Another ATM Signaling Protocol for IP (IP-SVC), IETF Internet Draft draft-fujikawa-ipsvc (1996).
 - 20) Jain, R.: Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent Advances and A Survey, *Computer Networks and ISDN Systems* (1995). (<http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/papers.html>).
 - 21) Jain, R.: ABR Service on ATM Networks: What is it?, *Network World* (1995). (<http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/papers.html>).

(平成 9 年 3 月 13 日受付)
(平成 9 年 10 月 1 日採録)



塚越 雅人 (正会員)

1986 年早稲田大学理工学部電気工学科卒業。同年 (株) 日立製作所入社。1994 年 3 月から 3 年間, (株) 超高速ネットワーク・コンピュータ技術研究所主任研究員。同社にて超高速ネットワーク上での大容量画像転送技術の研究に従事。現在, (株) 日立製作所システム開発研究所において, 大規模システム対応経路情報制御技術の研究開発に従事。