

## 遠隔技術相談システムにおける動的QoS制御

井口 信和\* 高坂知子\*\* 内尾 文隆\*\*\*

和歌山県工業技術センターシステム技術部\*  
和歌山大学経済学部\*\*  
和歌山大学システム工学部\*\*\*

本稿では、遠隔技術相談システムに適した動的QoS(Quality of Service)制御について述べる。我々は、狭帯域回線上でビデオツールを用いた遠隔技術相談システムに関する研究を行っている。技術相談は公設試験研究機関の主要業務の一つである。我々は、遠隔技術相談システムに適した機能を装備したビデオツールを開発し、狭帯域回線上で画像を使った遠隔技術相談が可能であることを確認している。本研究では、遠隔技術相談システム用に開発したビデオツールに動的QoS制御機能を追加した。これは、与えられたネットワーク帯域に応じて、注目領域の選択範囲、画像のqualityなどの値を動的に制御する機能である。この機能により、与えられたネットワーク帯域を有効に利用できる。

## Dynamic QoS Control for Remote Technical Consultation System

Nobukazu Iguchi\* Tomoko Takasaka\*\* Fumitaka Uchio\*\*\*

Industrial Technology Center of Wakayama Prefecture\*  
Faculty of Economics, Wakayama University\*\*  
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University\*\*\*

This paper describes a dynamic QoS(Quality of Service) control for remote technical consultation system. We are studying a remote technical consultation system using video tool over low bandwidth networks. The technical consultation is an important mission in the public industrial research institutes in Japan. We developed a video tool which equipped new functions for remote technical consultation system. We experimented on technical consultation to estimate the developed video tool. Using the developed video tool, we appreciated that we could perform remote technical consultation with high quality images over low bandwidth networks. In this paper, we developed a dynamic QoS control function for the developed video tool. This is the function that quality of image and size of clipped image are controlled dynamically according to bandwidth. Using this function, we can use network bandwidth effectively.

## 1. はじめに

コンピュータおよびネットワーク技術の進歩により、離れたところに存在する利用者の協調作業を支援する CSCW (Computer Supported Cooperative Work) およびグループウェアに関する研究が活発に行われている<sup>1)2)</sup>。これらの成果により、地理的に分散した環境にある複数の組織による共同作業が可能となった<sup>3)4)</sup>。

我々は、CSCWの応用としてビデオ会議システムを利用した遠隔技術相談システム(以下、本システム)を提案してきた<sup>5)</sup>。本システムは、公設試験研究機関(以下、公設試)が中小企業の技術支援のために実施している技術相談をコンピュータネットワーク上で実現するものである。本システムの利用者は地方の中小企業と公設試であるため、本システムは地方の中小企業が導入できる28.8kbps~128kbps程度の狭帯域ネットワーク回線上で実現しなければならない。現在の一般的な会議を目的としたテレビ会議システム、ビデオ会議システムを使用し、遠隔技術相談を実施した場合、帯域が不足してしまうため円滑な技術相談を実施するために必要な画像品質を得ることができない。そこで、我々は、本システムに適した機能を有する遠隔技術相談用ビデオツールを開発した。このビデオツールを用いて実際の技術相談事例を対象に実験を行った結果、狭帯域回線上で画像情報による技術相談が実施できることを確認した。さらに、開発した機能により、狭帯域であっても相談内容の性質によっては帯域に余裕ができる場合があることが判明した。この場合、与えられた帯域を有効に利用するように、QoSを動的に制御する機能が有効である。本研究は、ネットワーク帯域と相談内容に応じてQoSを動的にコントロールする機能を開発し、遠隔技術相談用に開発したビデオツールに実装した。本研究では、音声については特に扱わないこととする。

## 2. 遠隔技術相談について

### 2.1. 技術相談の現状

公設試では中小企業からの技術的な内容の相談

を受け付けて、これに対して技術指導を行う技術相談業務を実施している。これは相談者である中小企業の担当者が公設試に来所して、専門家である公設試研究員と対面をして相談・指導を進めるのが一般的な方法である。しかし、公設試から地理的に離れた場所にある中小企業にとって、公設試への移動に必要な時間と費用は大きな負担となっている。そこで公設試によっては、技術相談専用の電話、FAX、さらに電子メールで技術相談を受け付けている機関もある<sup>6)</sup>。ここで相談者が公設試へ直接来所せず、電話、FAX、電子メールなどのメディアを利用して遠隔地に居ながらにして実施する技術相談を遠隔技術相談とする。

和歌山県工業技術センター(以下、本センター)で1993年から1995年に実施した技術相談を例にとると、本センターでは、1年間に約6000件の技術相談が実施されており、その件数は年々増加している。方法別に分類すると、来所による対応が約64%、電話による対応が約32%、FAXによる対応が約3%、電子メールによる対応が約1%であった。この結果より現在の技術相談では来所による方法が全体の6割強も占めており、FAX、電子メールはあまり使われていない。現在の遠隔技術相談に共通する問題点は、実物が見られないこと、触れないことである。したがって、物の形状、色、臭いなどが相談の重要な要素になった場合には十分な対応ができないことが問題となる。

### 2.2. 遠隔技術相談システム

遠隔技術相談システムは、画像と音声による遠隔技術相談を実現するものである。技術相談の内容には、相談対象物の外観観察や顕微鏡による観察などのように専門家であれば相談対象物の画像を見ることで対応できる内容の技術相談も多く存在する。分野にもよるが、技術相談の30%~50%は画像による観察が可能であれば十分対応できる。

本システムのモデルを図1に示す。本システムの導入によって相談者の無駄な移動時間と費用を省くとともに地理的制約を克服することが期待される。

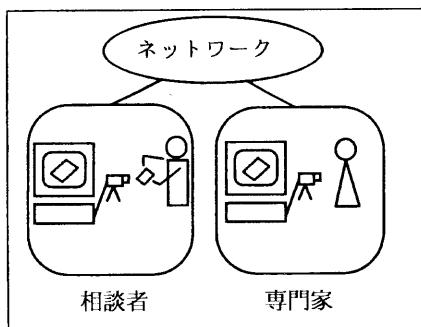


図1：遠隔技術相談システム

本システムは、地方の中小企業が導入できる狭帯域のネットワーク回線上で使用できなければならない。我々は、本システムに適した機能を装備したビデオツールを開発した<sup>7)</sup>。これは以下の特徴を持つ。

#### 1) 受信側からのQoSコントロール

帯域を考慮しながら画像の受信側（専門家側）から画像のQoSをコントロールできる機能。コントロールできる項目は、画像の送信・停止、色数（カラー、白黒）、解像度（resolution）、量子化係数（quality）、slids機能、画像の注目領域の選択範囲である。

#### 2) 注目領域の選択

注目している部分の画像を切り出し、その範囲の画像についてのみ新しく設定した値でQoSをコントロールする機能。

以上の機能をvic<sup>8)</sup>に実装し、本センターに技術相談として持ち込まれた事例を対象に遠隔技術相談実験を行った。実験結果から、このビデオツールの使用によって、狭帯域回線での画像を使った遠隔技術相談が可能であることを確認した。

### 3. 動的QoS制御

#### 3.1. 目的

遠隔技術相談用に開発したビデオツールを用いた実験結果から、相談対象の性質によって帯域に余裕ができる場合があることがわかった。例として、CIFフォーマットでquality（量子化係数）を10に設定し、注目領域の選択範囲を1/6CIFサイズ

にしたカラー画像の条件で、布をほぐす様子を観察した場合の8fpsの時の帯域は13.6kbpsとなり、仮に32kbps（PHS）での利用を想定していた場合では、約50%の帯域が余っている。この場合、自動的に帯域が許す範囲まで選択する範囲を広げる、またはqualityを変更するなど、与えられたネットワーク回線を有効に使うようにQoSを動的にコントロールする機能が有効である。これにより、利用者はより多くの情報の獲得とネットワーク帯域の有効な利用が可能となる。

現在行われている動的QoSに関する研究は、VOD (Video on Demand) などの連続メディアを対象にQoSの動的な制御によって、転送サービスが中断しないようにするものである<sup>9)</sup>。これに対して、本研究は、技術相談に最低必要な情報を確保した上で、相談内容およびネットワークの状況に応じて、与えられた帯域を有効に利用するようにQoSを動的に変化させ、より多くの情報を利用者に与えることを目的とする。

#### 3.2. 技術相談に適した動画像スケーリング

メディアスケーリング技術は動的QoSの実現に必要な技術の一つである。メディアスケーリング技術とは、その時々と与えられた資源の量に応じて動画像／音声の品質を変更することによってデータ量を制御する技術である。動画像を対象としたスケーリングでは、

- ・空間解像度
- ・時間解像度
- ・色相解像度

の3種類がスケーリングの対象となる。これらは互いに独立して変更できるため、ある値が想定された場合に3軸の空間の中でもっとも適当な値を選んでスケールされる。

遠隔技術相談システムのための動的QoSにおいても、その実現のために動画像スケーリングは重要な技術である。我々が開発した遠隔技術相談用ビデオツールに実装した機能を考慮し、遠隔技術相談システムに適した動画像スケーリングについて考えると、

- ・空間解像度
- ・時間解像度
- ・色相解像度
- ・画像の選択範囲

の4種類がスケールの対象となる。これらは互いに独立して変更できる。

### 3.3. 遠隔技術相談システムにおける動的QoS制御機能に適したQoSパラメータ

遠隔技術相談に適した動的QoSの機能を明確にするために、動的QoS制御を目的とした場合のQoSパラメータについて考察する。QoSパラメータは、遠隔技術相談用ビデオツールで操作できる項目を対象とする。

#### ・空間解像度

空間解像度としてresolutionとqualityの変更が可能である。resolutionを動的QoSの機能に導入した場合の技術相談を想定してみる。resolutionはCIF(352x288)とQCIF(176x144)の選択ができる。まず、データ量の少ないQCIFフォーマットで画像を送信する。帯域に余裕がある場合には、CIFフォーマットに変更し送信する。qualityを動的QoSの機能に導入した場合は、データ量の少ないqualityの値の低い画像から技術相談を始めて、帯域の状況に応じてqualityの値を高くするように変更する。qualityは30(low)~1(high)まで1ステップでの変更が可能である。

遠隔技術相談用ビデオツールでは、resolutionとqualityの両方を独立して変更することができる。しかし、遠隔技術相談システムに適した動的QoS制御の機能にresolutionを導入する場合には、以下のような問題がある。

1. 同じqualityの値のQCIFフォーマットとCIFフォーマットでは使用する帯域に大きな差がある。余っている帯域が十分ある場合には、QCIFからCIFへ変更は可能である。しかし、余っている帯域が少ない場合に、同じqualityの値のCIFへ変更すると、逆に帯域が不足する場合がある。もし、resolutionを動的QoS制御機能に実装するのであれば、

CIFへ変更したのち帯域が不足する場合には、qualityの値を低く変更する機能、または、CIFへ変更する前にあらかじめ適切なqualityの値を予測し、CIFへの変更と同時にqualityの値を変更する機能を用意する必要がある。

2. QCIFでqualityの値が低い画像は、画質が不足するため技術相談には適さない。したがって、技術相談においてQCIFを使う場合には、qualityを高く設定することになる。このため、qualityの値を変更できる範囲が狭くなり、対応できる帯域の状況が限られてしまう。

これに対して、qualityは動的QoS制御機能に容易に導入できる。さらに、qualityは、30~1まで1ステップでの変更が可能であるため、帯域状況に応じた細かな変更が可能である。

したがって、遠隔技術相談システムに適した動的QoSの空間解像度としては、qualityが有効なQoSパラメータである。

#### ・時間解像度

転送レートの設定値として、最大値(目標値)と最低確保値が考えられる。これらの値を動的QoS制御のパラメータとして動的に変更することは可能であるが、遠隔技術相談においては、これらの値は動的に変更するより、相談内容に応じてあらかじめ設定する方が有効である。これにより、他のQoSパラメータの制御の範囲を決めることができる。遠隔技術相談用ビデオツールでは、転送レートの最大値のみが設定可能である。最低確保値は設定できないが、今後実装する必要がある。

#### ・色相解像度

遠隔技術相談用ビデオツールでは、colorとmonochromeの変更が可能である。colorとmonochromeの変更を動的QoSの機能に入れた場合の技術相談を想定してみる。まず、データ量の少ないmonochromeで画像を送信し、帯域に余裕があった場合にcolorへの変更となる。しかし、偏光を利用し特徴を強調した顕微鏡画像などのよう

に、monochromeの方がより観察しやすい場合や、monochrome画像で十分対応できる内容も多くある。この場合、monochromeからcolorへの変更より、monochromeのまま、他のQoSパラメータを変更する方が技術相談には有効な手段である。動的QoS制御には、monochromeとcolorの選択だけではなく、カラー画像の色数の変更、または、ある色についてだけ色階調を細かく設定する機能などが必要である。

#### ・注目領域の選択範囲

既に開発した遠隔技術相談用ビデオツールでは、注目領域の選択範囲として、1/6CIF, 1/3CIF, CIFをあらかじめ用意してある。注目領域の選択範囲を動的QoSの機能に入れた場合の技術相談を想定してみる。まず、技術相談の重要な要素を1/6CIFの範囲で撮影し、転送する。帯域に余裕があれば、注目領域の選択範囲を1/3CIFに広げ、さらに帯域に余裕があれば、CIFまで変更する。遠隔技術相談用ビデオツールでは選択範囲を1/6CIF, 1/3CIF, CIFサイズの3種類としたが、注目領域の選択機能はH.261のデータ階層構造のマクロブロック単位<sup>10)</sup>での選択が可能であるため、さらに細かいステップでの変更を可能とする。注目領域の選択範囲の変更によって、より広い領域の画像を利用者は得ることができる。

本研究では、qualityと注目領域の選択範囲をパラメータとして動的QoS制御機能を実装した。

### 3.4. 動的QoS機能の実装

#### 3.4.1 帯域状況の監視

RTP<sup>11)</sup>を利用し、その時々帯域の状況を監視する。RTPはマルチメディア通信のためのトランスポート層のプロトコルとして開発された。IPおよびIPマルチキャストにおいては、UDPの上層となる。RTPは2つの要素から構成される。データ配送プロトコル(RTP)とRTCPと呼ばれるコントロール用プロトコルである。データ転送プロトコルが実際にメディアデータの転送を扱う。RTCPはコントロール情報を管理する。ここでは、RTCPの機能を利用してその時々帯域の状況を監視する。

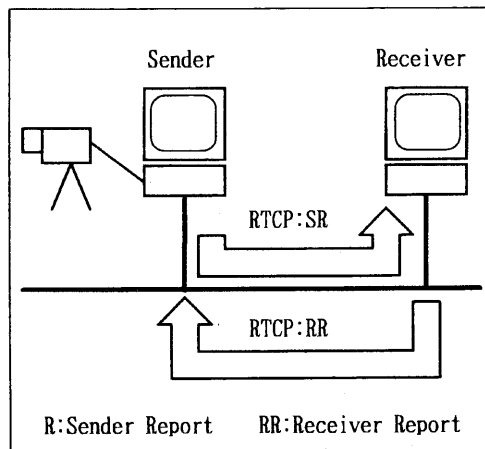


図2: RTPによる帯域状況の監視

#### 3.4.2 QoSコントロール

システムが利用できるネットワークの帯域と、その時々システムが使用している帯域を比較して、その帯域の差(帯域の余裕)が、その時々システムが使用している帯域の20%以上ある場合に、あらかじめ選択したQoSパラメータを変更する。今回は、利用者が選択できる項目を以下の4種類とした。

##### 1) quality

量子化係数を30(low)~1(High)まで5ステップずつ変化させる。

##### 2) size

注目領域の選択範囲を変更する。1/6CIFサイズから2/6CIF, 4/6(2/3)CIF, CIFサイズまで4段階の変更を行う(図3参照)。

以上の2種類は、選択したパラメータのみを変更させる。次の2種類は、2種類のパラメータに優先順位を決め、その順位にしたがってQoSを希望値まで自動的に変更する。qualityの希望値は10、注目領域の選択範囲の希望値はCIFとした。

##### 3) quality → size

まず、qualityを10まで変更し、次にsizeをCIFまで変更する。例として、quality=30, size=1/6CIFから始めた場合、qualityを10まで5ステップずつ変更し、さらに帯域に余裕があれば、sizeをCIFまで変更する。

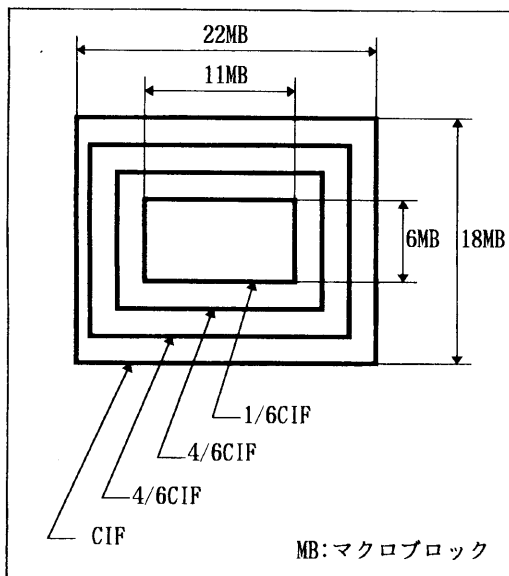


図3:注目領域の選択範囲

#### 4) size → quality

上記の順序を逆にしたもの。

#### 4. 実験

動的QoS制御機能の動作を確認するための実験を行った。相談対象は、布に発生した傷の原因分析とし、糸（繊維）を一本ずつ引き出す動作を観察した。

#### 5. 議論とまとめ

本稿では、遠隔技術相談システムに適した動的QoS制御機能について述べた。本研究では、我々が開発した遠隔技術相談用ビデオツールに動的QoS制御機能を実装した。今回は、qualityと注目領域の選択範囲を動的に変更するQoSパラメータとした。この機能を用いることで、利用者は、より多くの情報の獲得と、帯域の有効な利用が可能となる。この機能は、RSVP、IPv6などの帯域予約ができる環境において、確保した帯域を有効に利用する手段としても期待される。本研究では、2種類のパラメータを動的QoS機能に実装したが、今後は、その他のパラメータについての検討を進めるとともに、多くの分野の技術相談に適用し、

システムの評価を行っていく予定である。

#### 参考文献

- [1]松下温:グループウェア実現のために、情報処理, Vol.34, No.8, pp.984-993,1993.
- [2]石井裕:CSCWとグループウェア,オーム社東京,1995.
- [3]渡部和雄,坂田史郎ほか:マルチメディア分散在席会議システムMERMAID,情報処理学会論文誌,Vol.32,No.9,pp1200-1209(1991).
- [4]小泉寿ほか:CSCWによる意思決定プロセス支援法の提案と実現,情報処理学会論文誌, Vol.37,No.5,pp.911-919(1996).
- [5]井口信和,内尾文隆:マルチメディア型遠隔技術相談における画像情報の有効性,情報処理学会グループウェア研究会,14-6(1995).
- [6]井口信和,渡辺健次,内尾文隆:和歌山県工業技術センターにおけるインターネット活用事例,信学技報,OFS95-13(1995).
- [7]井口信和,高坂知子,内尾文隆,津田達:マルチメディア型遠隔技術相談システムにおけるQoSコントロール機能,情報処理学会グループウェア研究会17-2(1996).
- [8]Steven McCanne, Van Jacobson: vic : A Flexible Framework for Packet Video, In proceeding of ACM Multimedia 95 (San Francisco, CA, Nov. 1995).
- [9]山内長承ほか:インターネット上の動画転送を意識した動的QoSの制御,情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会75-4(1996).
- [10]安田浩,渡辺裕:デジタル画像圧縮の基礎,日経BP出版センター,東京(1996).
- [11]H.Schulzrinne,R.Frederick,V.Jacobson:RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications.Internet Engineering Task Force,Audio-Video Transport Working Group, RFC1889, Jan.1996.