農業情報のための動画像通信システムに適した動的な画像制御機能

井口信和*・内尾文隆**・亀岡孝治***

*和歌山県工業技術センター 〒649-6261 和歌山市小倉60

**和歌山大学システム工学部 〒640-8510 和歌山市栄谷930

***三重大学生物資源学部 〒514-8507 津市上浜町1515

要約

本論文では、農業情報のための動画像通信システムに適した動的な画像制御機能を提案する。本研究で扱う動画像通信システムは、画像による病害虫の遠隔診断や圃場などの監視・管理での利用が可能である。本研究で提案する機能の特徴は、画像の受信者側からの要求と目的に応じて、注目領域の選択範囲と画像の量子化係数を動的に変更することである。提案する機能により、動画像通信におけるQoSパラメータの調整作業が不要となる。さらに、使用している帯域を使い切るように、これらの値を動的に制御することで、与えられた帯域の中で可能な限り多くの情報の転送が可能となる。この機能を農業情報のための動画像通信システムに実装し、3つの帯域に対して画像による病害虫診断に適用する実験を行った。実験結果より、いずれの帯域においても、提案した機能が有効に働き、与えられた帯域の中で可能な限り多くの情報が転送でき、ネットワーク帯域を有効に利用できることを確認した。

キーワード

画像制御機能、動的QoS制御、動画像通信、コンピュータネットワーク、農業情報、遠隔診断システム

1. はじめに

遠隔地の利用者のコミュニケーションを支援する技術として動画像通信、ビデオ会議システムが注目されている。多くのシステムが提案され、遠隔会議、遠隔教育、在宅医療サービスなど各方面での利用が始まっている。動画像通信により動きのある画像情報を扱うことが可能となり、音声や文字による情報伝達と比較して、より多くの情報を伝えることができる。

農業情報においても、画像通信の利用が始まっている。農業生産現場と関係する組織間における画像通信は極めて重要な技術である。この種の研究として、「WWW圃場画像獲得システム」がある(二宮ら 1997)。これは、WWWの技術を用いて圃場からの画像情報を定期的に獲得し、圃場監視・管理するためのリアルタイム静止画像システムである。これに対して本研究は、動画像通信を用いた農業情報システムの構築を目指すものである。WWWを用いた静止画像転送システムと我々が開発を進めている動画像通信システムの使い分けによって、よりの確な情報を遠隔地に居ながらにしてリアルタイムに獲得することが可能となる。

我々は、これまでの研究において、動画像通信の利用により農作物に発生した病害虫の診断をコンピュータネットワーク上で実施する遠隔診断システムを開発した(井口ら 1998a, 井

口ら 1998b, Iguchi *et al.* 1998). これらの研究により, 病害虫の遠隔診断システムに要求される機能を明らかにするとともに, 狭帯域回線上で動画像を効率よく転送するための機能である注目領域の選択機能, および受信者側から画像の画質などのQoS(Quality of Services)をコントロールするための機能であるQoSコントロール機能を開発し, 実験によってこれらの機能の遠隔診断における有効性について確認した.

これまでに開発してきた病害虫の遠隔診断システムは, ISDNやアナログ電話回線のような低速なネットワーク上での動画像の転送を可能とする動画像通信システムであるため, 病害虫診断だけでなく画像情報を用いた圃場やハウス内の監視・管理など様々な場面での利用が可能である. 画像通信を用いて圃場やハウス内を監視する場合, 監視したい場所を変更するなど撮影シーンの変更がしばしば発生する. また, 病害虫の診断においても, 観察する対象物を動かしたり, 観察する角度を変更する場面は多い. この時, 転送する画像は, 動いている領域が多く含まれる動画像となる. 動画像通信では, 画像圧縮技術として, 動き補償付き予測符号化方式や条件付き画素補充方式が利用される(テレビジョン学会 1993). 動き補償付き予測符号化方式は, 画素の動きに関する情報を利用することで, 画像圧縮の効率を上げている. 条件付き画素補充方式では, 動きの大きな画像領域を優先的に転送することで画像圧縮の効率を上げている. したがって, 動画像通信では, 一画面中における動いている領域の割合が多い画像は, 動いている領域の割合が少ない画像と比較して, 転送する情報量が多くなる. また, 使用している回線の帯域幅を越える情報量のデータを転送することはできない. したがって, 動画像通信においても情報量の大きな画像を転送しようとする, 回線の帯域が不足し, 超過した情報はすべて破棄される. このため, コンピュータ・ネットワークを用いたビデオ会議システムなどを利用している場合に, 撮影対象の人物が大きく動くと, コマ落ちが発生し, ぎくしゃくした画像となってしまう. この場合には, 動画像のサイズ, 画質, フレームレートなどのQoSを調整し, 転送する動画像の情報量がネットワークの帯域幅以下になるようにしなければならない. 我々が, これまでに開発してきた機能を利用する場合には, 画像の受信者がそれぞれの場面に応じて画像のQoSを変更すればよい. しかしながら, 一般の利用者はもちろん, 操作に慣れている利用者にとっても, QoS設定作業は複雑で困難である. 各QoSパラメータを独立に操作しながら, それらをうまく組み合わせて, その時々の場合に適した画像を得ることは難しい. この場合, 画像のQoSを動的に制御する機能が有効である. これにより, 通信開始時のQoS設定や場面変更時のQoS設定作業が不要となる. さらに, ISDNなどのように使用できる帯域幅が一定で, 保障されている場合には, 使用している帯域を使い切るようにQoSを動的に制御することで, 与えられた帯域の中で可能な限り多くの情報を利用者に提供することが可能となり, 限られた帯域が有効に活用できる. このような背景から, 本研究では, 農業情報のための動画像通信システムに適した動的な画像制御機能として, 動的QoS制御機能を開発した. 動的QoS制御機能の実装により, 開発してきた動画像通信システムを農業情報における多様な場面に対応させることが可能となる.

本論文では, 農業情報のための動画像通信システムにおける動的QoS制御機能を提案する. 本研究で提案する機能の特徴は, 画像の受信者側からの要求と場面に応じて, 注目領域の選択範囲と画像の量子化係数を動的に変更することである. 提案する機能により, 通信開始時のQoS設定や, 場面変更時のQoS設定作業が不要となる. さらに, 使用している帯域を使い切る

ようにQoSを動的に制御することで、与えられた帯域の中で可能な限り多くの情報を利用者に提供することが可能となる。

2. 動的QoS制御機能

2.1 課題

これまでの研究において、病害虫の診断をコンピュータネットワーク上で実施する遠隔診断システムのための機能を開発した。これらの機能を実装したビデオツールは、ISDNやアナログ電話回線のような低速なネットワーク上での動画の転送を可能とするため、病害虫診断だけでなく画像情報を用いた圃場やハウス内の監視・管理など様々な場面での利用が可能である。開発した機能は、1) 注目領域の選択機能、および、2) 注目領域の選択範囲、画像の量子化係数(quality)および色数(カラーか白黒か)を画像の受信者側からコントロールできるQoSコントロール機能である。さらに、注目領域と非注目領域の画像のQoSを独立に制御することができる。これらの機能を vic (McCanne et al. 1995, Jacobson et al. 1996) に追加し、このビデオツールを使用した実験結果から、狭帯域回線での画像を使った遠隔診断が可能であることを確認した。vicは、インターネットおよびM-boneで広く利用されているビデオ画像転送ツールである。

同時に以下の課題が指摘された。

- * コントロールできるQoSのパラメータは複数あり、それらは互いに独立して変更できる。このパラメータをうまく組み合わせることで、その時々の場合に適した画像の転送が可能となる。しかし、一般の利用者はもちろん、操作に慣れている利用者にとっても、QoS設定作業は複雑で困難である。各QoSパラメータを独立に操作しながら、それらをうまく組み合わせて、その時々の場合に適した画像を得ることは難しい。
- * 病害虫の観察や圃場の監視を進めていく段階によって、撮影対象物の変更や観察するポイントの変更が頻繁に発生する。観察を進めながら、同時にQoSパラメータをその都度変更する作業は受信者の負担となる。
- * 画像転送の開始時は、利用する帯域と対象物、観察するポイントなどから予測して、その観察に適した画像が得られるようにパラメータをあらかじめ組み合わせることになる。しかし、その場面に適した画像が得られるようなパラメータの組み合わせをあらかじめ予測して見つけることは容易ではない。
- * 開発した機能の効果により、狭帯域であっても場面や画像の性質によっては帯域に余裕ができる場合がある。この場合には、帯域が許す範囲まで、QoSを操作し、注目領域の選択範囲を広げたり、画質を上げることが可能である。しかし、観察を進めながらのQoSの操作は面倒であるため、最初に設定したQoSのまま画像転送を進めることが多い。この場合、帯域を使い切らないため、ネットワークの利用が非効率となってしまう。

これらの課題を解決するために、動的QoS制御機能を開発し、ビデオツールに実装した。本論文で提案する機能の特徴は、画像の受信者側からの要求と場面に応じて、注目領域の選択範囲と画像の量子化係数を動的に変更することである。図1にビデオツールの概観を示す。

図1： 開発したビデオツールの概観(受信側)

2.2 動的QoS制御機能の動作

本論文で提案する動的QoS制御機能の動作を以下に述べる. まず, 画像送信側のビデオツールに対して, あらかじめシステムが接続しているネットワークの帯域, およびフレームレートの最大値と最低確保値を設定しておく. 動的QoS制御機能の利用が開始されると, 送信側のビデオツールは, その時々フレームレートの値が, あらかじめ設定した最低確保値以上あるか否かを判断する. これにより以下の処理のいずれかを実行する.

1) フレームレートが最低確保値以上ある場合.

接続しているネットワークの帯域 (以下, 設定帯域) と, 送信する画像が必要とする帯域 (以下, 必要帯域) の比較を実行し, 必要帯域が設定帯域に対してある割合未満の場合に, あらかじめ利用者が選択したQoSパラメータを決められた手順に従って変更する. すなわち,

必要帯域 $< \alpha \times$ 設定帯域

ただし, $0 < \alpha < 1$

を満たす時、QoSの変更を行う。この場合、QoSは必要帯域を多くするように変更される。例えば、注目領域の選択範囲が選択されている場合、選択範囲を広くするように変更される。

2) フレームレートが最低確保値未満の場合。

あらかじめ利用者が選択したQoSパラメータを決められた手順に従って変更する。この場合、QoSは必要帯域を少なくするように変更される。例えば、注目領域の選択範囲が選択されている場合、選択範囲を狭くするように変更される。QoSの変更は、フレームレートが最低確保値以上になるまで続く。

送信側のビデオツールは、上記の動作を繰り返し、QoSを動的に制御する。各QoSパラメータの値は、受信側ビデオツールからの設定が可能である。

3. 動的QoS制御機能の実装

前述の動作を満足する機能を開発し、農業情報のための動画像通信システムに実装した。今回、開発した機能では、受信側ビデオツールから動的QoS制御に関する要求を全て設定することができる。受信側ビデオツールの要求を送信側ビデオツールに伝えるために、RTCP(RTP Control Protocol)を利用した (Schulzrinne et al. 1996)。受信側から設定できる項目を以下に述べる。これらの項目は、動的QoS制御機能の利用が開始された後においても変更が可能である。

1. システムが接続しているネットワーク回線の帯域(設定帯域)。本研究では、ISDNなどのように、帯域幅が一定で保障されているネットワーク回線の利用を想定している。
2. フレームレートの最大値と最低確保値。最大値はvicがもともと有している項目である。これを受信側から設定可能とした。最低確保値は、利用者が最低必要とするフレームレートを設定する。最小値として0を設定することができる。標準設定では、最大値を8fps、最低確保値を5fpsとした。
3. 前述の2.2の1)で述べた α の値。 $0 < \alpha < 1$ の範囲で自由に設定できる。標準設定では、0.8とした。
4. 動的QoS制御機能の動作の開始・停止。
5. 制御するQoSパラメータの選択。今回は、注目領域の選択範囲と画像の量子化係数の2つとした。
6. QoSの変更を判断する間隔。今回は、一定時間ごとにフレームレートの値を監視する。時間間隔は、約1秒に1回から約10秒に1回まで1秒間隔で自由に設定できる。標準では、5秒に1回とした。
7. 量子化係数を変更するステップ間隔。ここでいう量子化係数は、量子化テーブルの情報である。量子化係数は画像データを符号化する際の量子化ステップサイズを与える。量子化係数と量子化ステップサイズの関係を示す。

量子化ステップサイズ = $2(1 + \text{量子化係数})$ (量子化係数 = $1, \dots, 31$)

vicでは、量子化係数はquality値として与えられ、 $1, \dots, 30$ の範囲で選択することが可能である。この値によって画像品質を指定できる。混乱を招きやすいので注意が必要であるが、quality=1によって最も高い品質の画像を得ることができ、quality=30によって最も低い品質の画像となる。ここでは、変更する間隔を1ステップごとに変更する設定から

10ステップごとに変更する設定まで1ステップ間隔での自由な設定を可能とする。標準では、5ステップずつ変更する。

次に、今回設定したQoS変更のルールを示す。以下に示す1), 2) では、選択したパラメータのみを変更させる。3), 4) では、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を希望値まで変更する。量子化係数の希望値は1, 注目領域の選択範囲の希望値はCIF(Common Intermediate Format)のサイズとした。CIFはテレビ電話やテレビ会議用符号化の規格として標準化されているH.261で利用する画像フォーマットであり、352画素×288ラインのサイズである。

1) quality

量子化係数を30(最低)から1(最高)までの範囲で変更する。変更するステップ間隔は、受信者側から設定する。標準設定では5ステップずつ変更する。

2) size

注目領域の選択範囲について、1/6CIF, 2/6CIF, 4/6CIF, CIFの4段階の変更を行う。1/6CIFとは、CIFに対して画像の中心部分の約1/6の範囲の画像をいう。2/6CIF, 4/6CIFも同様の画像を示す。

3) quality → size

まず、量子化係数を1まで変更し、次に注目領域の選択範囲をCIFまで変更する。例として、量子化係数を30, 注目領域の選択範囲を1/6CIFに設定して始めた場合、量子化係数を1まで5ステップずつ変更し、さらに帯域に余裕があれば、注目領域の選択範囲をCIFまで変更する。

4) size → quality

上記の順序を逆にしたもの。

4. 実験

4.1 実験環境および実験方法

提案した動的QoS制御機能の動作と有効性の確認を目的として、利用実験を行った。送信側にSGI Indy(200MHz MIPS R4400SC)を用い、画像入力用のビデオカメラを接続した。受信側にはSGI Indy(150MHz MIPS R5000)を使用した。実際の運用に近いネットワーク環境で評価するために、2台のワークステーションはISDNシミュレータを介してISDNによる接続を行い、PPP(Point to Point Protocol) (Simpson 1994)およびMP(PPP Multilink Protocol) (Sklower et al. 1996)を用いて通信した。

ネットワーク帯域として32kbps, 64kbps, 128kbpsの3種類について実験した。32kbpsおよび64kbpsの場合には、ISDNのBチャンネル1本を利用し、PPPを用いて通信した。128kbpsの場合には、ISDNのBチャンネル2本を利用し、MPを用いて通信した。

実験の対象には、かいよう病の発生したネーブルオレンジ(学名: *Citrus sinensis* Osbeck.)を用いた。観察したい部分が画面中央になるように撮影する。いずれの実験においても、QoSの初期設定値は、sizeは1/6CIF, qualityは30とした。その他の項目については、標準値を用いた。動的QoS制御機能の動作と同時に必要帯域とsizeおよびqualityの値を測

定した。また、場面の変化に対する効果を確認するために、動的QoS制御機能の動作開始から60秒後に観察するポイントを変更する実験もあわせて行った。

4.2 実験結果

実験した環境の中で最も帯域が狭い32kbpsの場合の実験結果を示す。図2は、動的QoS制御機能によって制御するQoSパラメータとしてqualityを選択した場合の実験結果である。qualityの値が5秒間隔で5ステップずつ変化していき、これに伴い必要帯域が32kbpsに近づいていく様子が分かる。動的QoS制御機能を動作させてから25秒後にqualityは10まで上がる。送信側ビデオツールでは同時に必要帯域が設定帯域の80%未満（この場合には25.6kbps未満）であるか否かの判断を行っているが、動作開始から30秒後の判断時に、必要帯域が25.6kbps以上になっているのでQoSの変更は行われていない。この後、図2に示すとおり、帯域をほぼ使い切った状態で安定していることが分かる。

図2. 実験結果 1

図3. 実験結果 2

図3は、動的QoS制御機能によって制御するQoSパラメータとしてsizeを選択した場合である。ここで、size 1を1/6CIF, size 2を2/6CIF, size 3を4/6CIF, size 4をCIFとする。sizeが5秒間隔で1段階ずつ変化していき、これに伴い必要帯域が32kbpsに近づいていく様子が分かる。動的QoS制御機能を動作させてから20秒後の判断時に、必要帯域が設定帯域の80%以上（この場合には25.6kbps以上）あるため、この後、QoSの変更は行われていない。図3に示すとおり、sizeに4/6CIFが設定され、帯域をほぼ使い切った状態となっていることが分かる。

図4は、場面の変化に対する動的QoS制御機能の有効性を確認するための実験結果である。32kbpsでの結果を示す。この実験は、動的QoS制御機能の動作を開始してから60秒後に観察ポイントを変更したものである。制

図4. 実験結果 3

御するQoSパラメータにはqualityを選択した。図4に示すとおり、動的QoS制御機能の動作開始から25秒で、qualityに10が設定され、安定した状態となっている。この後、動作開始から60秒後に観察ポイントの変更を行った。この結果、動作開始から65秒後の判断時に、qualityを15まで下げている。これは、フレームレートの最低確保値が5fpsを下回ったためである。その後、動作開始から75秒後には、qualityが10に戻っている。この後、必要帯域が25.6kbps（設定帯域の80%）以上であるのでQoSの変更は行わない。この実験結果から、開発した動的QoS制御機能は、場面の変更に対しても有効に機能していることが分かる。

図2から図4において32kbpsでの実験結果を示したが、他の帯域についても同様な結果が得られ、いずれの帯域においても開発した機能の効果は十分に実証できる。

5. 考察

提案した動的QoS制御機能は、狭帯域回線の上で有効に機能することが示された。通信開始時のQoS設定値が適当な値であっても、利用者の要求に応じて選択されたQoSパラメータを、ルールにしたがって変更し、可能な限り多くの情報を転送している。これにより、QoSパラメータの設定作業が不要になり、利用者の作業が軽減される。さらに場面の変化に対しても有効に機能していることが確認できた。提案機能を有していないビデオツールを用いた場合、利用者がビデオツールを操作し、場面と帯域に応じた画像が得られるように、QoSの設定・変更作業を行う必要があった。観察を進めながら、QoS変更作業を同時に行うことは複雑で困難であるため、最初に設定したQoSの値をそのまま使い、この結果、接続している回線の帯域に対して、設定が適切でなく、帯域が大きく不足する、または、逆に帯域が余るといった状況が発生していた。提案機能により、QoSの設定・変更作業を省き、かつ帯域を有効に利用した動画像通信が実現できる。

また、本システムでは、注目領域と非注目領域の画像のQoSを別に設定することが可能であるため、注目領域はカラーで高品質な画像とし、非注目領域は白黒で低品質な画像を得ることができる。この画像に対しても動的QoS制御機能は有効に機能する。この場合、注目領域のQoSについて動的QoS制御機能が働く。例えば、変更するパラメータにsizeを選択すると、帯域とフレームレートが許す範囲まで、カラーで高品質な画像（注目領域）の範囲が広くなり、利用者に、より観察しやすい環境の提供が可能となる。

今回の実験では、QoSを変更する時間間隔を約5秒に1回としたが、この時間間隔は自由に設定することができる。この時間間隔を短くすることにより、場面の変化などに迅速に対応できる。また、qualityの変更のステップを、今回の実験では5ステップずつとしたが、このステップ間隔を小さな値にすることで、より細かな設定が可能となる。sizeについても同様に、ステップの間隔を細かくしステップ数を増やすことで、よりスムーズな画像の表示が可能となる。

また、本画像通信システムをWebブラウザからコントロールできれば、一般のユーザにとって、より利用しやすい環境が提供できる。Webブラウザからの利用が可能となると、WWWを利用した他の情報システムとの連携が実現でき、ユーザはよりの確な情報をすばやく収集することが可能となる。

6. おわりに

本論文では、農業情報のための動画像通信システムに適した動的QoS制御機能について述べた。この機能をビデオツールに実装し、3つの帯域に対して実験を行った。実験結果より、いずれの帯域においても、提案した機能が有効に働き、与えられた帯域の中で可能な限り多くの情報を利用者に提供することができ、ネットワーク帯域の有効な利用が可能であることを確認した。この機能は、RSVPや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できる。さらに、通信開始時のQoS設定や場面変更時のQoS設定作業が不要となるため、利用者の作業の軽減が図れる。今回は、注目領域の選択範囲と量子化係数を動的に変更するQoSパラメータとし、動的QoS機能を実現した。今後は、これらの値を変更するステップ数やQoS変更のタイミングなどについての検討、およびその他のパラメータについての検討を進めるとともに、農業情報の多くの分野に利用し、利用目的に対応した動的QoSのポリシーの提案とシステムの評価を行っていく予定である。

7. 参考文献

- 1) 二宮正士・木浦卓治・江渡浩一郎・南石晃明・上田正和 (1997): WWW 圃場画像獲得システム, 植物工場学会誌9(1): 12-19.
- 2) 井口信和・内尾文隆・亀岡孝治 (1998a): 病害虫の遠隔診断システム(第1報)システム構成と画像通信機能の評価, 農業情報研究, 第7巻1号:1-12.
- 3) 井口信和・内尾文隆・亀岡孝治 (1998b): 病害虫の遠隔診断システム(第2報)注目領域の選択機能, 農業情報研究, 第7巻1号:13-20.
- 4) Iguchi, N., Uchio, F., Kameoka, T., (1998): Remote Examination System for Plant Diseases using Video Communication, Proceeding of AFITA:113-117.
- 5) テレビジョン学会編(1993): 画像情報圧縮, 原島博監修, オーム社
- 6) McCanne, S. and Jacobson, V. (1995): vic: A Flexible Framework for Packet Video, Proceeding of ACM Multimedia '95.
- 7) Jacobson, V. and McCanne, S.R. (1996): video conferencing tool. Lawrence Berkeley Laboratory. Software on-line. <ftp://ftp.ee.lbl.gov/conferencing/vic>.
- 8) Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R., Jacobson, V., (1996): RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, Internet Engineering Task Force, Audio-Video Transport Working Group, RFC1889.
- 9) Simpson, W. (1994): The Point-to-Point Protocol (PPP), Internet Engineering Task Force, Network Working Group, RFC1661.
- 10) Sklower, K., Lloyd, B., Carr, D., Coradetti, T. (1996): The PPP Multilink Protocol (MP), Internet Engineering Task Force, Network Working Group, RFC1990.

Dynamic Image Control Function on Video Communication System for Agricultural Informatics

Nobukazu Iguchi^{*}, Fumitaka Uchio^{}, Takaharu Kameoka^{***}**

^{}Industrial Technology Center of Wakayama Prefecture, 60 Ogura, Wakayama, Wakayama 649-6261, Japan*

^{**}Faculty of Systems Engineering, Wakayama University, 930 Sakaedani, Wakayama, Wakayama 640-8510, Japan

^{***}Faculty of Bio-resources, Mie University, 1515 Kamihama-cho, Tsu, Mie 514-8507, Japan

Summary

This paper describes a dynamic image control function on video communication system for agricultural informatics. The video communication system is used for remote diagnosis of diseases and pests and remote observation of remotely located fields. The main feature of the proposed function is that the function can dynamically control size and quality of video images according to a user's demands and purposes. The proposed function does not need to adjust QoS parameters. Furthermore, the proposed function can transmit the video images effectively for an assigned network by

controlling the QoS parameters to fit them into the network. We experimented on three different bandwidth networks using the proposed function. From experimental results, we verified that the proposed function worked finely on any bandwidth and transmits the video images to the best on the assigned network bandwidth.

Keywords: Image control function, Dynamic QoS Control, video communication, computer networks, agricultural informatics, remote diagnosis system