

## LANにおけるマルチメディア通信方式の検討

岩見 直子 高原 桂子 松井 進

日立製作所システム開発研究所

急速に普及しつつあるLANでネットワーク化されたPC/WSで電話機能やテレビ電話機能を実現するには音声、動画等のマルチメディア情報の等時性・対話性を保証する必要がある。本稿では、データ受信側でデータ送信間隔と受信間隔の差分を観測することでLANの負荷を推定し、負荷の変動に合わせて符号化速度を変更する動画通信方式と遅延揺らぎ吸収時間を変更する音声通信方式を提案する。

### A Study on Multimedia Realtime Communication on LAN

Naoko IWAMI, Keiko TAKAHARA, Susumu MATSUI

Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

This paper proposes a method of multimedia realtime communication on LAN. It is desirable to use PCs or WSs as communication tools like telephones or video telephones, which become popular in office environment and are networked by LANs. Voice and video integrated multimedia realtime communication which guarantees the continuity and the small amount of delay time of the data stream on LAN is required to realize the system. We propose the integrated voice and video communication method, in which the coding speed of the video data is varied in proportion to the load of the LAN, and the delay time variation of the voice data is controlled according to the load of the LAN, too.

## 1. はじめに

オフィスにおける情報化の進展に伴うLAN (Local Area Network) の普及とPC (Personal Computer) / WS (Work Station) の高機能化、マルチメディア化により、PC/WSでデータに加え動画、音声等を用いたマルチメディア・コミュニケーションを行いたいという要求が高まっている。この要求に対し、ISDNを用いたテレビ電話、テレビ会議の研究と製品化や、リアルタイム通信プロトコル、リアルタイムOSの研究開発等が進められている。[1][2][3][4]

我々は、現在のオフィス環境で最も一般的であるEthernetを中心としたLANに接続するPC/WS上でリアルタイムのマルチメディア通信を可能とするマルチメディア通信方式の検討を行い、データ到着間隔の観測によりLANの負荷を推定し、使用できると予測した通信帯域に合わせて遅延吸収時間を変動させる音声通信方式と符号化速度を変動させる動画通信方式を提案した。

本稿では、LANにおけるマルチメディア通信方式について報告する。

## 2. LANにおけるマルチメディア通信方式の提案

### 2.1 前提条件

現在のオフィス環境にマルチメディアの通信を容易に導入可能とすることを目的とし、以下の条件下でLANにおけるマルチメディア通信方式の検討を行った。

#### (1) ネットワーク環境

現在最も広く普及し、接続端末台数が全世界で130万台、利用ユーザが700万人を超えられているEthernetを中心としたインターネット環境。[5]

基盤通信プロトコルとしては、Ethernet等で最も普及しているTCP/IP。

図1に前提ネットワーク構成を示す。

#### (2) PC/WS

Windows(\*<sub>1</sub>),UNIX(\*<sub>2</sub>)等の既存OS下で動作。

(\*<sub>1</sub>Windowsは、米国マイクロソフト社の商標です。)

(\*<sub>2</sub>UNIXは、UNIX System Laboratories,Inc.が開発し、ライセンスしています。)

## 2.2 課題

前提条件に示したような、ネットワーク環境でマルチメディア通信を実現する場合、以下に記す各々の特性のため次のような問題がある。

インターネットの中心となるLANは、パケット交換網で基本的には各端末/通信コネクションが一定の帯域を確保することができない。同じLANに接続する全ての端末の通信の影響でLANの負荷は変動し、このため当該端末がデータ転送に使用できる帯域が変動して、各パケットの転送時間に差異が生じ、通信遅延時間に揺らぎが生ずる。一方、動画・音声情報は時間情報を含むため、再生時に等時性を保証する必要がある。

このため、LAN上でマルチメディア情報を送受信してリアルタイムのコミュニケーションを行った場合、通信遅延時間の揺らぎにより画像や音声の遅延や途切れが発生し、対話に支障をきたす。

このような問題を解決するためには、以下の対策を実施する必要がある。

#### (1) LANの負荷変動による通信遅延時間の

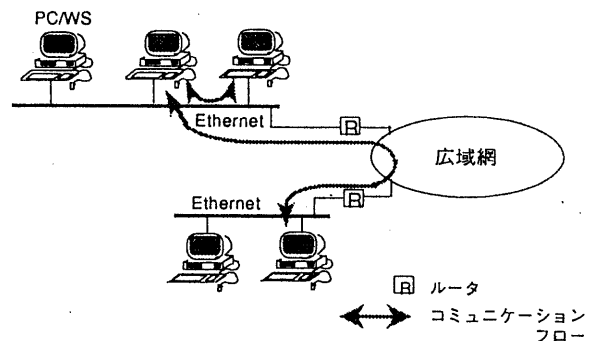


図1 ネットワーク構成

変動に対し、データの連続性を保証する。

- (2) データ到着遅延に対し、等時性、対話性の回復をはかる。
- (3) データ損失に対し、障害からの回復をはかる。

### 2. 3 動画・音声通信基本方式

前記課題で述べたように、LANの負荷の変動で端末が使用できる通信帯域にも変動が生ずる。これに対応して動画、音声等のマルチメディアデータの連続性、等時性、対話性を確保するため、使用できる通信帯域を予測しこれに合わせて符号化速度を変更する動画・音声通信基本方式を提案する。

以下に本動画・音声通信の基本方式を説明する。

- (1) 音声通信に用いる音声コーデックは、既存電話網との接続を重視して、PCM/ADPCMとする。本コーデックは、一定の符号化速度で符号化する。
- (2) コミュニケーションにおける動画と音声の重要性を比較した場合、一般に音声の方が重要であると考えられる。このことから、LANの負荷を推定し、その時に当該端末で使用可能であると予測される通信帯域を先ず音声通信に割当、その残りの通信帯域で動画通信を行うこととする。
- (3) 音声通信に割り当てた残りの通信帯域のすべてを有効に利用して最善の品質の動画を提供するため、動画コーデックとして符号化速度を可変に制御可能なパケットコーデックを用いる。
- (4) 動画のデータ量が音声のデータ量に比較して圧倒的に大きく、LANの負荷へ及ぼす影響が大きいことから、LANの負荷が高くなった場合に、動画の符号化速度を遅くすることで自らの送出データ量を削減し、積極的にLANの負荷の低下を図り、音声によるコミュニケーションの維持に努める。図2に、LANの負荷状況に合わせ

た動画・音声通信の状態遷移イメージを示す。以下に、図2の通信の状態遷移イメージを説明する。

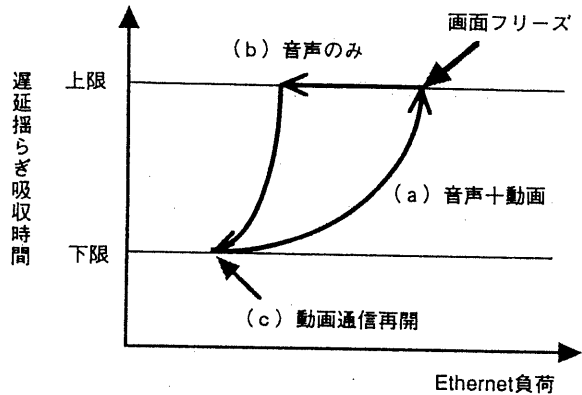


図2 状態遷移イメージ

- (a) LANの負荷が低い場合、動画と音声両者を用いた通信を行う。LANの負荷が高くなり、音声データの通信遅延時間やパケットロス確率が大きくなるに従い動画の符号化速度を遅くし送信速度を遅くすることで、自端末から送出されるデータ量を削減してLANの負荷の軽減を図り、音声通信における音の途切れや会話の遅延等の発生を小さくする。
- (b) LANの負荷が高くなり、音声通信に障害が発生するほどの通信遅延やパケットロスが発生するようになった時点で受信側の動画を静止させ、送信側端末からの動画の送信を停止してLANの負荷の軽減を図り、音声通信を確保する。
- (c) LANの負荷が低くなり、音声通信の通信遅延が小さくなった時点で、動画通信再開可能なまでにLANの負荷状況が収束したと見做し、動画通信を再開する。

図において、遅延揺らぎ吸収時間は、音声通信において通信遅延時間の揺らぎを吸

収するための時間であり、上限値は対話に支障をきたす遅延時間を示す。遅延揺らぎ吸収時間の制御に関しては2.5節で説明する。

## 2.4 LAN負荷変動観測方式

基本方式に記したように、動画通信に関しては、現在当該端末が使用可能な通信帯域を予測し、その内音声通信に通信帯域を割り当てた残りのすべてを使って動画通信を行う方式とする。このため、LANの負荷変動を推定しその時の負荷に合わせて、使用可能な通信帯域を予測しそれに合った符号化速度で動画を符号化して送信する必要がある。また、音声通信に関しても、常に必要な通信帯域の確保をはかるが、LANの負荷変動の影響で通信遅延時間に揺らぎが生ずるため、LANの負荷から予想される遅延時間分のデータを予めバッファリングして音声の途切れを防ぐ制御が必要である。

これらの制御を行うためには、LANの負荷変動を推定する必要がある。これまでLANの負荷変動を推定する方式として、データ送信側が送信待ちキューを設け、送信待ちキューに蓄積されるデータの量を監視することでLANの負荷状況を観測する方式[6]や、受信側でデータの損失の発生を観測することでLANの負荷状況(輻輳状態)を観測する方式[7]等があった。

我々は、広域インターネット環境に接続する端末間で、符号化速度を可変に制御可能なコーデ

ックを用いる場合への適用を検討していることから、図3に示すデータ到着間隔観測方式を提案する。

### ・データ到着間隔観測方式

受信側でデータの受信間隔 $\Delta T$ を観測し、送信側端末が送信したデータの送信間隔 $\Delta t$ とデータ受信間隔 $\Delta T$ の差分を求める。この差分の変動を観測することでLANの負荷変動を推定する。

本方式によれば、受信側でデータ到着間隔を観測するためデータ転送経路全体の負荷状況が推定可能であり、かつ通信遅延の変動を観測するため細かなLANの負荷変動が推定可能となる。

本方式を用いて推定したLANの負荷変動を反映するマルチメディア通信方式については次節で述べる。

## 2.5 動画通信方式と音声通信方式

動画・音声通信基本方式に示したように、音声通信については一定速度で符号化する音声コーデックを使用し、動画通信については符号化速度が可変である動画コーデックを使用することとする。これらの違いにより、音声通信と動画通信では、前節で提案したLAN負荷変動観測方式に基づいた異なる通信方式を提案する。

### (1) 音声通信方式

図4に示す音声通信の基本方式を基に提案方式を説明する。

#### [音声情報送受信処理]

送信側は、一定速度でコーデックから出力されるデータを一定の間隔でパケット化して送信する。

受信側は、データの到着間隔に遅延が発生した場合の音の途切れを防止するため、最初のデータを受信してから予測される通信遅延時間を吸収する”遅延揺らぎ吸収時間”後にデータをコーデックへ入力し、続いて受信するデータは、前のデータに引き続きコーデックへ入力する。

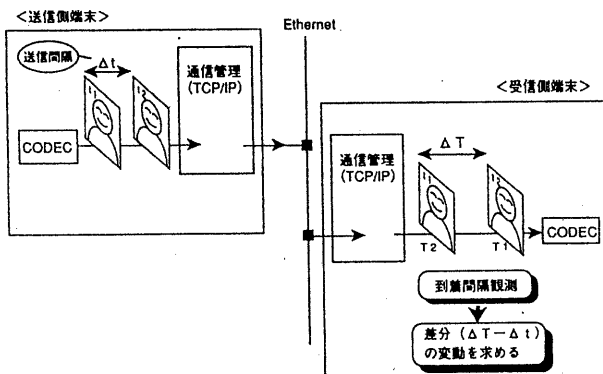


図3 LANの負荷観測方式

コーデックへ入力したデータの再生終了時刻までに次のデータを受信しなかった場合、遅れてきたデータをそのままコーデックに入力すると、そのデータの再生が終了するまで次のデータの再生がされないため、遅延が拡大する。これを防ぐため当該データを廃棄することとし、かつ音の途切れの不自然さをカバーするために、該当時間分のホワイトノイズを挿入する。

以上の音声情報送受信処理にも関わらず、LANの負荷変動によりデータの到着間隔の遅延も変動するため、定めている”遅延揺らぎ吸収時間”では、音の途切れが頻発してしまったり、逆に不必要に長い時間となる場合が発生し得る。これに対処しその時点でのデータの到着間隔の遅延に適合した”遅延揺らぎ吸収時間”を設定するため、一定バケット間隔で以下に説明する”遅延揺らぎ吸収時間”再設定処理を行う。

【”遅延揺らぎ吸収時間”再設定】

受信側で、予め定めた観測データ数毎に、その間の受信間隔と送信間隔の差分の観測から現時点での通信遅延分布を求め、データ廃棄の確率が5%以内(※<sub>3</sub>)となる通信遅延時間を新たな”遅延揺らぎ吸収時間”として再設定する。(※<sub>3</sub>:データ廃棄率については、5%程度であれば良好な対話が維持できるという実験結果が報告されている。[8])

”遅延揺らぎ吸収時間”の再設定時に、LANの負荷が低く、新たに算出した”遅延揺らぎ吸収時間”が以前の値より小さくなる場合、観測データの最後のデータと重なる部分の音声を廃棄することで、会話全体の遅延を縮小する。LANの負荷が高く、新たに算出した”遅延揺らぎ

吸収時間”が以前の値より大きくなる場合、観測データの最後のデータの出力後、次のデータを出力する前に必要な時間分のホワイトノイズを挿入し、不自然な音の途切れをカバーする。

以上の制御により、LANの負荷変動の影響によるデータ到着遅延による会話の途切れを抑え、かつ会話全体の遅延をLANの負荷状況に応じた最小時間とする。

(2) 動画通信方式

動画・音声通信基本方式に示したように、動画通信では、LANの負荷変動を推定しその時の負荷に合わせて、使用可能な通信帯域に合った符号化速度に変更する。図5に示す動画通信

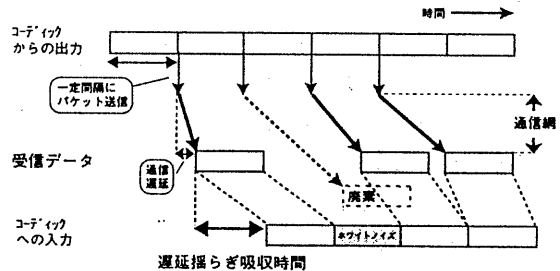


図4 音声通信基本方式

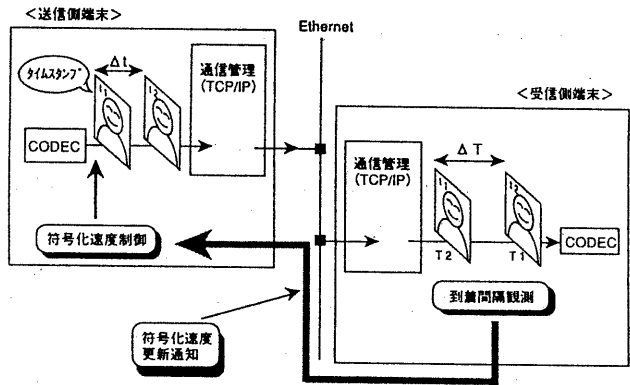


図5 動画通信基本方式

の基本方式を基に提案方式を説明する。

#### [動画情報送受信処理]

送信側は、現在設定している動画の符号化速度に従い、コーデックから出力されるデータを一定間隔でパケット化して送出する。その際に、各データに送出時刻およびシーケンス番号を添付する。

受信側は、受信したデータをコーデックへ入力する。

#### [符号化速度の再設定]

受信側は、受信データに添付されている送出時刻から送信間隔 $\Delta t$ を求め、観測している受信データ間隔 $\Delta T$ との差分を求め、求めた差分値が閾値に達していた場合、送信側で設定している符号化速度が現在のLANの負荷状況に合わず遅延が生じていると判断し、観測した受信間隔から求められる現在の送信速度に一致する新たな符号化速度に更新するよう送信側に通知する。また、一定の間差分値が閾値に達しない場合、LANの負荷が低くなり速い速度でのデータ転送が可能であると判断し、新たな符号化速度に更新するよう送信側に通知する。

符号化速度更新通知を受信した送信側は、通知された符号化速度に再設定する。

以上のような制御でLANの負荷状況に合った符号化速度に変更しても、以前より遅い速度での送信を要求された場合、以前に送信したデータが経路内に蓄積している。このため、即時に新たなデータを送信しても、この蓄積データのために遅延が解消されない。そこで、符号化速度変更処理時に、蓄積データ解消処理を行う。以下に、図6に示す蓄積データ解消処理を説明する。

#### [蓄積データ解消処理]

送信側は、符号化速度更新通知で通知された符号化速度が以前の符号化速度より遅い場合、符号化速度更新通知を受信するまでに送信したデータが全て受信側に受信される時刻を求め、その時刻に達するまで新たな動画情報の送信を停止し、時刻に達した後、新たな符号化速度で動画を符号化し、新たな間隔でデータの送出を開始する。

以上の制御によりLANの負荷変動に添った速度の映像データを送受信でき、かつリアルタイムな映像を受信することができる。

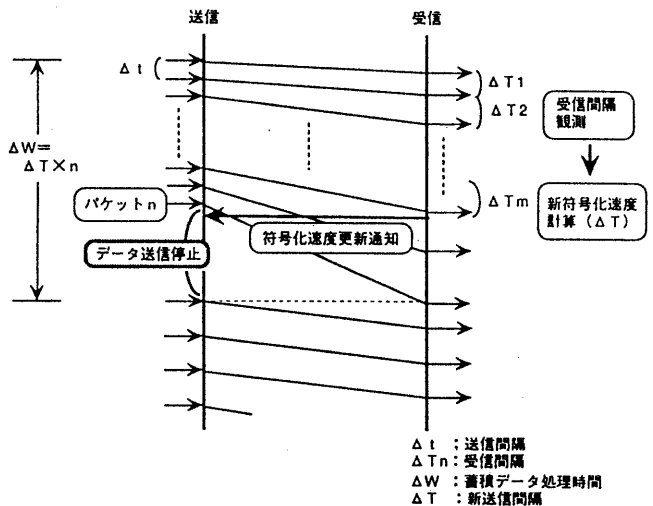


図6 蓄積データ処理シーケンス

### 3. 評価

提案した通信方式のうち、音声通信方式に関して行なったシミュレーションによる評価について述べる。

本音声通信方式を用い10台の端末が対話(双方向で音声通信)を行った場合についてシミュレーションを行った。

条件: 1本のEthernetに12台の端末が接続され、10台が双方向でコンティニュアス

データをバケット長500byte、64Kbpsの速度で送信し、2台がランダムにデータ転送を行うことでLANに負荷(0.1~0.8)をかける。

結果を図7に示す。図より、バケット廃棄率5%に相当する通信遅延時間は20~29msecであり、音声データのバケット化時間を考慮しても、100msec以内となり、本提案音声通信方式は良好な対話の実現に有効である。また通信網負荷0.4までは、通信遅延時間20msec以内に95%のデータが到着することから、64Kbpsの符号化速度の音声コーデックを用いてシステムを構築する場合、“遅延揺らぎ吸収時間”の初期値として、20msecの設定が妥当である。

#### 4. 終わりに

LANにおけるマルチメディア通信方式として、以下の方式を提案した。

- (1) LAN負荷変動観測方式として、データ送信間隔と受信間隔の差分を観測する、データ到着間隔観測方式。
- (2) 動画・音声通信基本方式として、LANの高負荷時に動画送信量を削減することで積極的にLANの負荷を下げ、音声通信を確保する方式。

(3) 音声通信方式として、データ受信間隔の揺らぎを吸収する“遅延揺らぎ吸収時間”を設け、推定したLANの負荷変動に応じて“遅延揺らぎ吸収時間”を変更する方式。

(4) 動画通信方式として、送信間隔と受信間隔の差分を求め、現時点でのLANの負荷を推定し使用可能な通信帯域を予測し、これに対応した符号化速度に変更する方式。

また、音声通信方式に関し、シミュレーションによる評価を行い、有効性を確認した。

#### 謝辞

本研究の機会を与えていただいた当社システム開発研究所長堂免信義氏、指導していただいたシステム開発研究所寺田松昭博士、また討論していただいた中央研究所宮本宜則氏に感謝致します。

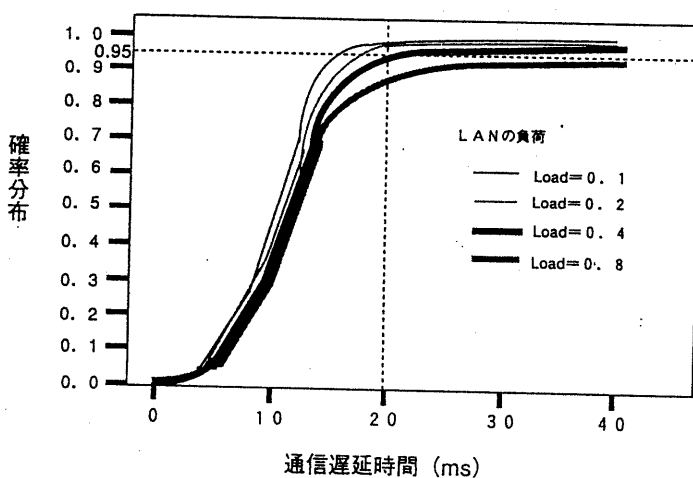


図7 通信遅延時間の確率分布

## 参考文献

- [1]R G Herrtwich,L.Delgrossi : " Beyond ST-II :  
Fulfilling the Reuirements of Multimedia  
Communication" , Third International Workshop  
on Network and Operation System Support for  
Digital Audio and Video,  
San Diego,California,pp.23-30
- [2]Hui Zhang, Tom Fisher : " Preliminary  
Measurement of the RMTP/RTIP" , Third  
International Workshop on Network and Operation  
System Support for Digital Audio and Video, San  
Diego,California,pp.173-184
- [3]Domenico Ferrari,Amit Gupta,Mark Moran,Bernd  
Wolfinge : " A Continuous Media Communication  
Service And ITS Implementation" ,  
GLOBECOM'92.pp220-224
- [4]Stephen T.C.Chou,H.Tokuda:"System Support for  
Digital QOS Control of Continuous Media  
Communication" , Third International Workshop  
on Network and Operation System Support for  
Digital Audio and Video,  
SanDiego,California,pp.322-327
- [5]Internet Society,spring '93 Vol.2 No.1
- [6]K.Jeffay,D L.Stone,T.Talley,F D.Smith:  
"Adaptive,Best-Effort Delivery of Digital Audio and  
Video Across Packet-Switched Networks",Third  
International Workshop on Network And OS  
Support For Digital AV
- [7]田尻、阪谷 他 : " L A N用映像通信会議シ  
ステム P M T C / L A N" , テレビジョン学  
会技術報告 '93/1/29 Vol.17
- [8]鈴木、樫尾 他 : " 音声パケット交換システ  
ムにおける遅延適応制御方式の提案" , 電子通  
信学会論文誌 '83/7 Vol.J 66-B No.7(1978)