

LANにおけるマルチメディア通信用 オンタイムクリティカル通信制御方式

楠 和 浩[†] 中川路 哲男[†]

テキスト、音声、画像情報などのデータ量や発生周期の異なるデータを統合して扱うマルチメディア・アプリケーションをサポートするネットワークには、各データの送信デッドラインを遵守するオンタイム伝送が必須である。本論文では、入力負荷の大小、非タイムクリティカルデータのトラフィック量にかかわらず指定された転送完了絶対時間での通信完了を保証するオンタイムクリティカル通信方式 (OTCM) を提案する。シミュレーションによる評価の結果、OTCMは非タイムクリティカルデータの混在状態にかかわらずオンタイムクリティカル性を保証できることが分かった。

On-Time Critical Communication Control Mechanism for Multimedia LAN

KAZUHIRO KUSUNOKI[†] and TETSUO NAKAKAWAJI[†]

Multimedia applications, in which text, sounds and graphics are transmitted and processed, have a variety of data traffics and message deadline. To support such multimedia applications, the underlying network must ensure the deadline of messages. In this paper, We proposed the On-Time critical communication Control Mechanism (OTCM) which ensure transmission of time critical message on specified time under various amount of data traffic and mixed condition of Time Critical (TC) and non-TC messages. From the result of simulation, OTCM can ensure the on-Time critical facility under various mixed condition of TC and non-TC messages traffic.

1. はじめに

CPUや内部バスの高速化などによる計算機単体の処理性能の向上と、高速広帯域ネットワークの出現により、大量の音声データおよび画像データを同時にリアルタイムに処理するマルチメディア情報処理システムの構築も始まり、情報通信ネットワークには高速性と低遅延性が要求されている。

一方、プラント制御やファクトリーオートメーション (FA) などの制御システムでは、製造機器に対する制御データだけでなく、動作状況などの監視のために音声データや画像データも同時にリアルタイムに送信したいという要求が出てきている。

分散環境でリアルタイムに、テキスト、音声、画像情報などのデータを統合して扱うリアルタイム・マルチメディア・アプリケーションをサポートするネットワークには、回線待ち時間と伝送遅延時間を一定のデッド

ライン内に収める「タイミングの正当性保証」と、連続メディアのデータ発生周期間隔保証などの「時間的制約保証」が必要である¹⁾。

FDDI²⁾などで使用される MAC (Media Access Control) 層プロトコルである Timed Token Protocol (以降 TTP と呼ぶ) は、時間によるノード間のアクセス制御をサポートしているため、マルチメディア・アプリケーションに必要なリアルタイム通信に適していると考えられている³⁾。TTPでは、時間的な制約があるアプリケーションに対応するために、時間的な制約が厳しい同期データと、時間的な制約を持たない非同期データの2種類にデータを分類し、トークン保持時に同期データを優先して転送することにより、同期データのリアルタイム転送に対応している。

ところが、これらのプロトコルはデータの発生間隔 (通常デッドラインと同じ) を考慮しない FIFO 送信であるため、負荷の変動によって伝送遅延および伝送遅延の揺らぎも変動するなどの問題点があった^{4)~8)}。

このような背景のもと、我々はデータの発生間隔 (デッドライン) を考慮し、デッドラインまでの余裕

[†] 三菱電機 (株) 情報技術総合研究所

Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

度に応じて伝送タイミングを調節することによって、負荷の変動にかかわらず、伝送遅延および伝送遅延の揺らぎが一定であるタイムクリティカル通信制御方式を考案した。

以下、2章ではタイムクリティカル通信の概要と既存プロトコルの課題を述べる。3章ではそれらの課題を解決するタイムクリティカル通信制御方式を提案し、4章で提案した制御方式の基本特性をシミュレーションによって評価した結果を述べる。

2. オンタイムクリティカル通信

2.1 リアルタイム通信プロトコルに必要な機能

LANによって接続されたノード間でリアルタイムな分散マルチメディア・アプリケーションを実現するためには、高速広帯域な物理ネットワークを使用したリアルタイム通信プロトコルが必要である。リアルタイム分散マルチメディア・アプリケーションに必要なリアルタイム通信プロトコルには次の機能が必要である¹⁾。

【大量データの高速転送機能】

高速性の観点から必要な機能であり、動画や音声などの大容量データを複数のユーザが同時に利用可能とするための機能である。FDDIやATMなどにより実現可能である。

【最悪遅延時間保証機能】

予測性の観点から必要な機能であり、受信側でのデータ制御を容易にしたり、必要な資源の算出などを可能とするための機能である。

【負荷の変動によらない遅延時間の安定性保証機能】

安定性の観点から必要な機能であり、遅延時間が負荷の変動の影響を受けにくい機能である。

【負荷の変動の影響を受けない遅延時間揺らぎ幅保証機能】

共有物理媒体を利用するLANでは、ネットワークに接続されたノードからの送信負荷により、遅延時間が揺らぐことは避けられない。しかしながら、負荷に対して揺らぎ幅が予測可能であれば、受信側でのデータ処理が容易になる。

これらの機能を実現するために、我々はISO/TC184/SC5で検討されているタイムクリティカル通信の概念をベースにしたオンタイムクリティカル通信制御方式を考案した。

タイムクリティカル通信の定義および必要なシステム要件は、ISO/TC184 (産業オートメーション：システムインテグレーション)/SC5 (アーキテクチャと通信)/WG2 (通信と相互接続) TCCA (Time Critical

Communication Architecture) ラポートグループでまとめられている⁹⁾。

「ある指定した時間内に通信またはトランザクションを完了する」性質がタイムクリティカル性であり、タイムクリティカル性を定量的に表現するために「タイムウインドウ」が定義されている。タイムウインドウは、「アプリケーションに依存し、開始時刻と要求時間、または開始時刻と終了時刻によって定まる時間間隔。時間の精度は実装に依存する」と定義されている。

2.2 オンタイムクリティカル通信

タイムクリティカル通信では、指定されたタイムウインドウを「遅延許容時間幅」として考えるため、2.1で示したリアルタイム分散マルチメディア・アプリケーションに必要なリアルタイム通信プロトコルに必要な機能のうち、最悪遅延時間保証機能は満足する。しかしながら、たとえばタイムウインドウが30 msecであった場合、転送完了が5 msecでも30 msecでもタイムウインドウを満たしていることになり、したがってこのままでは、遅延時間揺らぎ幅や遅延時間の安定性機能を満足することはできない。

そこで、我々は、転送完了の時間幅であるタイムウインドウを満足するタイムクリティカル通信の考え方を拡張し、転送完了の絶対時間を満足するオンタイムクリティカル通信を次のように定義する。

「ある指定した絶対時間に通信またはトランザクションを完了する」性質がオンタイムクリティカル性であり、オンタイムクリティカル性を定量的に表現するために「転送完了絶対時間」を、「アプリケーションに依存し、開始時刻と要求絶対時間、または開始時刻と終了時刻によって定まる絶対時間。時間の精度は実装に依存する」と定義する。つまり、オンタイムクリティカル通信ではタイムウインドウが30 msecと指定された場合には、指定されたTCデータは30 msec後に送信を完了する。

ところが実際には共有媒体を使用したLANでは、すべてのTCデータの送信時間を転送完了絶対時間に制御することは困難であるため、ある期間の平均転送遅延時間を転送完了絶対時間で正規化した値を、その期間のオンタイムクリティカル性能とする。

オンタイムクリティカル通信を実現することにより、2.1節で示したリアルタイム分散マルチメディア・アプリケーションに必要なリアルタイム通信プロトコルに必要な機能のうち、

- 最悪遅延時間保証機能、
- 負荷の変動によらない遅延時間の安定性保証機能、
- 負荷の変動の影響を受けない遅延時間揺らぎ幅保

証機能,

の3つの機能を満足することができ、FDDIやATMを同時に使用することによって、リアルタイム通信プロトコルに必要な4つの機能をすべて提供できる。

2.3 オンタイムクリティカル通信制御方式の課題

まず、マルチメディア・アプリケーションに必要なリアルタイム通信に適していると考えられているTTPについて考える。TTPでは時間的制約の強い同期データと時間的制約のない非同期データの区別があり、同期データの伝送時間を保証するためにトークン保持時間をタイマにより制御している。しかしながら、TTPでは、タイムウィンドウの指定ができない。したがってタイムウィンドウを基準とした制御ができないなど、同期データに関するタイムクリティカル性は考慮されていない。TTPでは、同期データは送信キューにキューイングされた後、トークン保持時にFIFOで送信される。したがって、仮にキューの先頭の同期データがすでにタイムウィンドウを超過していても、その同期データの送信を行うため、それが結果として後続の同期データの送信時間を遅らせることになる。

次に、TTPを用いたリアルタイム通信帯域制御方式^{3),10),11)}では、デッドラインを各メディアの周期と考へ、デッドライン以下で伝送可能となるためのトークン保持時間および目標トークン巡回時間(Target Token Rotation Time)の算出方法および許容できるリアルタイム用コネクション数について述べている。これらの方式では、デッドラインをタイムウィンドウとして考えれば、タイムクリティカル性は保証可能であるが、基本的に伝送時の制御方式はTTPに基づいているため、ネットワーク内の負荷の状態により受信周期の揺らぎが大きくなり、オンタイムクリティカル性は保証できない。

さらにこれまでに提案されているタイムクリティカル通信プロトコル^{12),13)}では、次のような問題がある。文献12)の方式では、発生したTCデータはFIFOで処理され、タイムウィンドウを超過したTCデータは廃棄される。仮に、タイムウィンドウ幅がトークン巡回時間に対して大きなTCデータが、あるノードでバースト的に発生した場合を考える。この場合にも送信はFIFOで実行されるために、トークンがそのノードに保持されたままとなり、他のノードでタイムウィンドウの小さなデータが発生しても、トークンが回ってくるまでにタイムウィンドウを超過してしまい、結果としてそのTCデータが廃棄される可能性があり、ネットワーク内でのトークンの巡回が最適化されていない。また、文献13)の方式では、トークンの巡回の

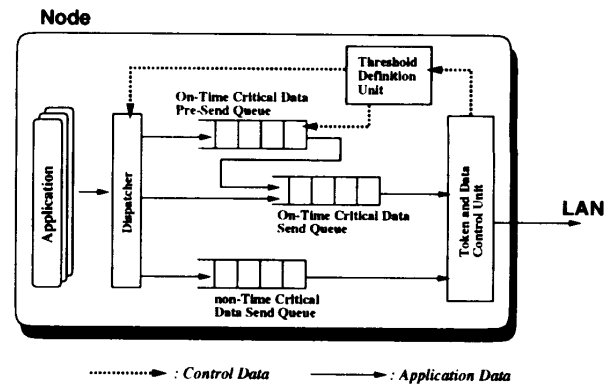


図1 オンタイムクリティカル通信制御方式
Fig. 1 On-time critical communication control mechanism.

最悪値が目標トークン巡回時間(TTRT)の2倍である⁵⁾ことを利用してトークンの巡回を最適化している。しかしながら、TTRTの2倍に近いタイムウィンドウを指定された場合には、ネットワーク負荷が小さい場合(つまり、トークンの巡回がTTRTに比べて非常に早い場合)にオンタイムクリティカル性が悪くなる、という問題があった。

3. オンタイムクリティカル通信制御方式の提案

3.1 制御方式

既存LANとの互換性を保持するため、ノード間のトークンの循環にかかわる制御方式、およびトークン保持時に各ノードがデータを転送できる時間に関する制御方式は、TTPを用いる。本論文で提案するOTCMは、TTPに以下の制御方式を追加したものである。

図1に示すように送信キューを3種類定義する。すなわち、

【On-Time Critical Data Pre-Send Queue】

(以降OTC-PSQと呼ぶ)送信を要求されたTCデータのうち、ある閾値を超えた転送完了絶対時間を持つデータは本キューにキューイングされる。この際、キューイングの結果が転送完了絶対時間の残り時間^{*}の少ない順に並ぶような位置にキューイングする。

【On-Time Critical Data Send Queue】

(以降OTC-SQと呼ぶ)送信を要求されたTCデータのうち、ある閾値以下の転送完了絶対時間を持つTCデータおよび、ある条件でOTC-

^{*} 転送完了絶対時間と、転送要求が発生した時刻から現在時刻までの時間の差。

PSQ から取り出された TC データは、本キューにキューイングされる。ノードがトークンを保持したときにデータを取り出すキューは、本キューおよび non-Time Critical Data Send Queue である。本キューは、FIFO キューである。

【non-Time Critical Data Send Queue】

(以降 nTC-SQ と呼ぶ) 送信を要求された非 TC データをキューイングする FIFO キューである。

TTP では非同期キューにあたる。

である。さらに、アプリケーションからの要求をそれぞれのキューに分配する Dispatcher を用意する。

上位アプリケーションからデータ送信要求があった場合には、Dispatcher が送信要求データが TC データかどうかをまず識別する。非 TC データの場合には、nTC-SQ にキューイングする。送信要求データが TC データの場合には、3.2 で示す閾値を用いて、閾値以下の場合には、OTC-SQ に、それ以外の場合には OTC-PSQ にキューイングする。

また、TC データトラフィックの変動を考慮し、トークン受信後ノードに与えられたトークン保持時間を経過しても、前回のトークン解放からの経過時間が TTRT を超えない範囲 (TTP では非同期データの送信時間に対応する) で TC データの送信を行う。

Dispatcher がキュー間の TC データ振り分けを行うための閾値、および OTC-PSQ から OTC-SQ への TC データの移動を行うための閾値は、3.2 で示す制御方式を用いる。つまり、文献 13) ではノードごとに静的に定まる TTRT を基に制御を行っているが、本論文で提案する方式ではトークンの巡回時間に基づき動的に制御を行うことに特長がある。

3.2 TC データのキュー間移動制御

TC データ発生時のキューの選択、および OTC-PSQ から OTC-SQ への TC データの移動には、

- 過去 N 回 (N は任意) のトークン巡回時間から次にトークンが来る時間を推定する。
- 過去のトークン巡回最大値を次にトークンが来る時間と推定する。

の 2 つの制御情報を基に制御を行う方法が考えられる。

過去 N 回のトークン巡回時間をモニタリングすることにより、ネットワーク内の他のノードでの負荷の上昇または減少が推測できる。マルチメディア・アプリケーションがネットワーク内で実行されている場合には、ある一定周期でネットワークにかかる負荷が上昇すると考えられる。しかしながら、マルチメディア・アプリケーションのデータ発生間隔と参照する過去のトークン巡回回数 N は独立であり、ノード数や TTRT

の設定条件によりマルチメディア・アプリケーションのデータ発生周期を検出するのに十分な履歴数 N を算出し、データリンクレベルで設定することは現実的ではない。

したがって、本論文で提案する OTCM では、各ノードごとに過去のトークン巡回時間の最大値を次にトークンが回ってくる期待値として考え、その 2 倍を閾値として、次のような制御を行う。ただし、文献 5) よりトークンの巡回の最大値は TTRT の 2 倍が最大であることが分かっているため、計算した閾値が TTRT の 2 倍を超えた場合には、TTRT の 2 倍を閾値とする。

TC データの発生時には、閾値以下のタイムウィンドウが指定された場合には OTC-SQ に、それ以外の場合には OTC-PSQ に TC データをキューイングする。

OTC-PSQ から OTC-SQ への TC データの移動は、任意の時間に OTC-PSQ を調べることによってなされる。TC データの転送完了絶対時間の残り時間が、閾値以下になった場合には、該当する TC データを OTC-PSQ から OTC-SQ に移動する。これにより、TC データの送出タイミングとネットワーク内のトークンの巡回時間の最適化を図ることができる。

4. OTCM のマルチメディア通信への適用評価

4.1 シミュレーションモデル

本章では、3 章で提案した OTCM の特性評価のために実施したシミュレーションの結果と考察を示す。

シミュレーションプログラムはシミュレーションツール simpack¹⁴⁾を用いて C 言語により作成し、Sun SPARCstation 10 (SunOS 4.1.3) で実施した。

表 1 にシミュレーションに使用したネットワークおよびプロトコルパラメータの値³⁾を示す。比較対象とした FDDI のシミュレーションでは、同期データ送信キュー長を 100、非同期データ送信キュー長を ∞ としており、トークン制御パラメータ、ノード数および伝送速度は表 1 の対応する値と同じである。

表 1 パラメータ値一覧
Table 1 Value list of each parameters.

パラメータ名	パラメータ値
LAN の伝送速度	100 Mbps
ノード数	20
トークン保持時間	5.5 msec
目標トークン巡回時間 (TTRT)	16.5 msec
トークン伝送遅延時間	0.24 μ sec
OTC-PSQ 長	100
OTC-SQ 長	100
nTC-SQ 長	∞

表2 マルチメディア・アプリケーション (1)

Table2 Multimedia application - 1.

	メッセージ長 [bit]	発生周期 [msec]	デッドライン [msec]
Audio	47,040	33.333	33.333
Graphics	69,905	33.333	33.333
Imaging	69,905	33.333	33.333
Text	2,133	33.333	33.333
Video	62,000	33.333	33.333

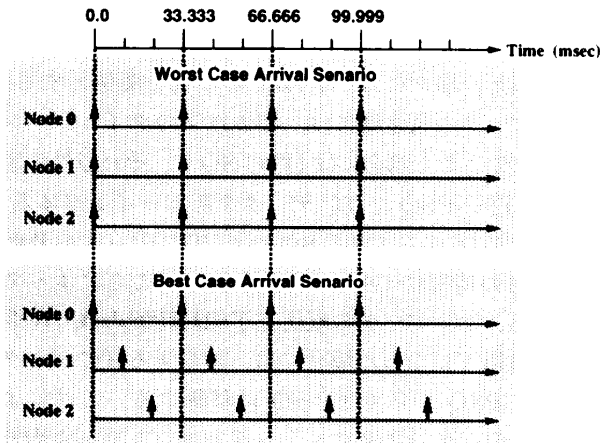


図2 メッセージ発生シナリオ (1)

Fig. 2 Message arrival scenario - 1.

全20ノードのうち、ノード0~2の3ノードでマルチメディア・アプリケーション¹⁵⁾が実行されていると仮定する。

マルチメディア・アプリケーションは、以下のメディアを使用する教育システムを仮定している。

【Video】 解像度720×576 [pixels]で30 [frames/sec]のビデオ映像をMPEGにより1.86 [Mbps]に圧縮した場合を仮定。デッドラインの基準は1 [sec]/30 [frames/sec] = 33.333 [msec]とする。

【Audio】 44.1 [kHz]でサンプリングし、16 [bits]量子化したステレオ音声を仮定。

【Graphics, Imaging】 ともに1024×1024 [pixels], 256色 (8 [bits])の画像が4 [sec]ごとに更新されることを仮定。

【Text】 80×25 [characters]のテキストを250 [msec]間隔で更新することを仮定。

シミュレーションにおいては、それぞれのメディアに必要な伝送帯域を基に、デッドライン内で送信を完了すべきデータ量を算出してマルチメディア・アプリケーションの負荷とした。

仮定したマルチメディア・アプリケーションの1セットあたりの負荷量を表2に示す。

さらに、各ノードでのメッセージの発生は、図2に

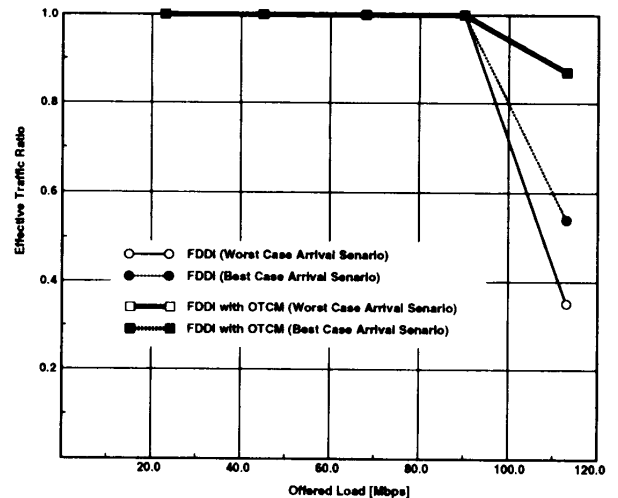


図3 入力マルチメディア・アプリケーション負荷に対する有効TCデータ転送率特性

Fig. 3 Effective data transfer ratio under offered multimedia application load.

示す2つの場合¹⁶⁾を仮定した。

【Worst Case Arrival Scenario】

ノード0~2で同時刻にマルチメディア・アプリケーションからのメッセージが発生する。

【Best Case Arrival Scenario】

ノード0~2で発生するマルチメディア・アプリケーションからのメッセージは、それぞれ11.111 [msec]の間隔を置く。

4.2 マルチメディア・アプリケーションのサポート性能

まず、図3にノード0~2でマルチメディア・アプリケーションを1セット (合計3セット) から5セット (合計15セット) 発生させた場合の有効TCデータ転送率を示す。ここで、有効TCデータ転送率とは、発生したTCデータに対してデッドライン (本シミュレーションでは、33.333 msec) 内に転送を完了したTCデータの割合を示す。

ネットワークに対する負荷が90.4 Mbpsまでは、OTCMの有無にかかわらず有効TCデータ転送率に差は認められないが、それ以上の場合に大きな差が生じる。この原因は、OTCMが次の2つの特徴を持つためである。

- OTCMを使用した場合には、転送完了絶対時間を超過したTCデータを送信しないため、帯域およびトークン保持時間を有効に利用できる。
- TTPで非同期データを送信する時間帯にも、OTCMを使用した場合にはTCデータが存在する場合には、TCデータの送信を行うことができる。

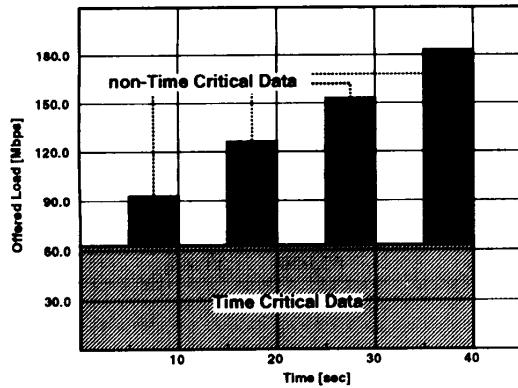


図4 シミュレーションに使用した入力負荷
Fig. 4 Offered load used in simulation.

表3 非TCデータの発生条件
Table 3 Offered non-TC traffic.

期間	負荷
5 秒~10 秒	30 Mbps
15 秒~20 秒	60 Mbps
25 秒~30 秒	90 Mbps
35 秒~40 秒	120 Mbps

4.3 非TCデータが混在した場合の性能

図4 にシミュレーションに使用した入力負荷を示す。ノード0~2の3ノードで、マルチメディア・アプリケーションをそれぞれ3セット発生させる。マルチメディア・アプリケーションからのデータはすべてTCデータであり、合計約67.8 Mbpsの負荷となる。

さらに、負荷に変動を与えるために表3に示す非TCデータを発生させた。

まず、図5にメッセージの発生がWorst Case Arrival Senarioの場合の、TCデータの平均遅延時間の時間推移を示す。平均遅延時間は、40秒間のシミュレーション時間を2秒間隔で区切って区間として合計20区間に分割し、それぞれの区間で転送を完了したTCデータの遅延時間を区間内で平均化した値である。さらに、区間内のTCデータの遅延時間の標準偏差を求め、図において「+」印で示した。また、図において、網掛けされた時間帯は非TCデータが発生している時間帯を示している。

Worst Case Arrival SenarioでOTCMを使用した場合のオンタイムクリティカル性能は、7秒から40秒までの間では、0.55である。対して、OTCMを使用しない場合には負荷の変動によって遅延時間が変動するため、0.33から0.62となっている。

シミュレーション開始5秒後に初めて非TCデータが発生した際に、OTCMを使用した場合には平均遅延時間が短くなっている。これは非TCデータの発

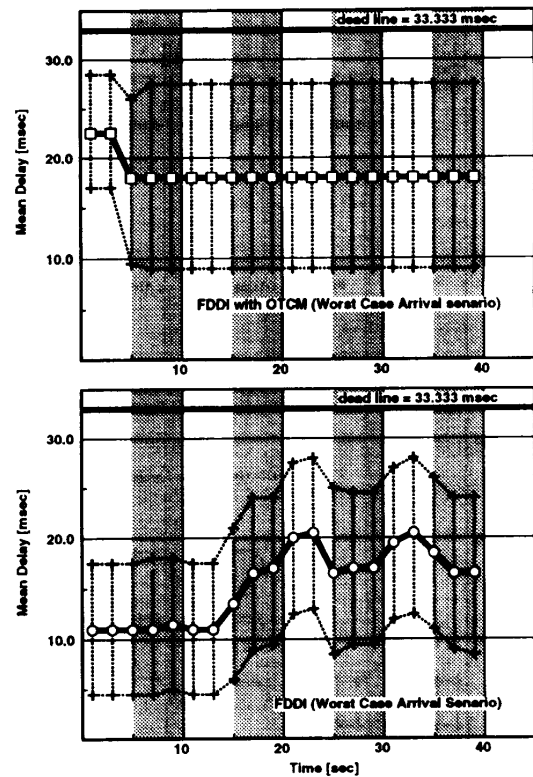


図5 TCデータの平均遅延時間の時間推移 (Worst Case Arrival Senario)

Fig. 5 Mean delay transition of TC data under Worst Case Arrival Senario.

生によりトークン巡回時間が長くなり、OTC-PSQからOTC-SQへの移動閾値が大きくなるのが原因である。

負荷の変動により、OTCMを使用しない場合は平均遅延時間が変動するのに対してFDDI with OTCMでは、ほとんど変動していない。したがって、2.1節で示したリアルタイム分散マルチメディア・アプリケーションに必要なリアルタイム通信プロトコルに必要な機能のうち「負荷の変動によらない遅延時間の安定性保証機能」をOTCMが提供可能であることが分かる。

また平均遅延時間に対する標準偏差も、OTCMを使用した場合には負荷の変動の影響を受けていないが、OTCMを使用しない場合には負荷の変動の影響を受けて増減している。したがって、2.1節で示したリアルタイム分散マルチメディア・アプリケーションに必要なリアルタイム通信プロトコルに必要な機能のうち「負荷の変動の影響を受けない遅延時間揺らぎ幅保証機能」をFDDI with OTCMが提供可能であることが分かる。

次に、メッセージの発生がBest Case Arrival Senarioの場合のTCデータの平均遅延時間の時間推移を図6に示す。

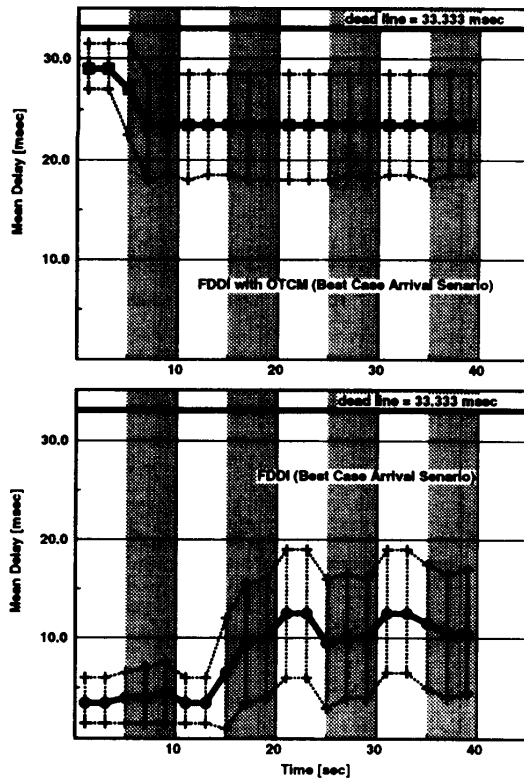


図6 TCデータの平均遅延時間の時間推移 (Best Case Arrival Senario)

Fig. 6 Mean delay transition of TC data under Best Case Arrival Senario.

この場合、OTCMを使用した場合のオンタイムクリティカル性能は、7秒から40秒までの間では、0.70であり、OTCMを使用しない場合は、0.11から0.38の間である。

全体的な傾向は、Worst Case Arrival Senarioの場合と同じである。

実際のマルチメディア・アプリケーション実行環境では、メッセージの発生シナリオは、Worst Case Arrival SenarioとBest Case Arrival Senarioの間にあると考えられる。したがって、OTCMを使用した場合には、平均遅延は非TCデータの負荷変動にかかわらず、この場合には20 msecから25 msecの変動であるが、OTCMを使用しない場合には4 msecから21 msecまでの変動が非TCデータの負荷変動に影響されて発生する。したがって、リアルタイム分散マルチメディア・アプリケーションの処理スケジューリングの観点からは、平均遅延の変動が少なく遅延時間の揺らぎ幅も予測可能であることより、OTCMを使用した方式が優れている、と考えられる。

4.4 異なったタイムウィンドウが混在した場合の性能

次に、異なったタイムウィンドウが混在した場合の

表4 マルチメディア・アプリケーション (2)
Table 4 Multimedia application - 2.

	メッセージ長 [bit]	発生周期 [msec]	デッドライン [msec]
Audio	15,680	11.111	11.111
Graphics	69,905	33.333	33.333
Imaging	69,905	33.333	33.333
Text	4,266	66.666	66.666
Video	62,000	33.333	33.333

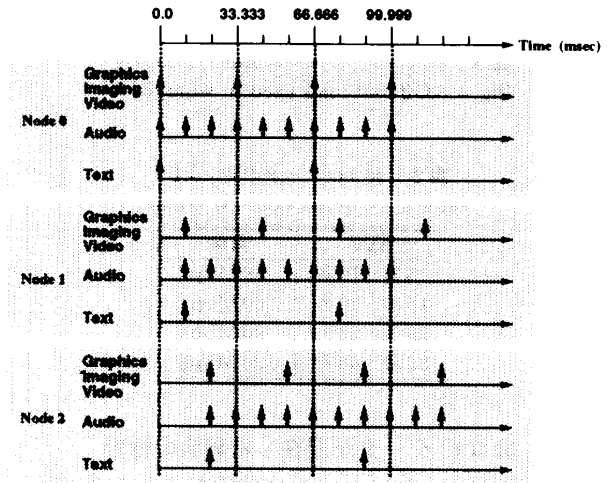


図7 メッセージ発生シナリオ (2)

Fig. 7 Message arrival senario - 2.

性能を示す。ノード0~2では表4に示すマルチメディア・アプリケーションを、図7に示すシナリオでそれぞれ3セット発生させ、さらに、4.3節と同様に表3で示した非TCデータを発生させた。また、TTRTおよびトークン保持時間はそれぞれ、5.5 [msec]および1.83 [msec]に設定した。

図8にTCデータの平均遅延時間の時間推移を示す。

OTCMを使用した場合は、各タイムウィンドウに対して高いタイムクリティカル性を保証しているのに対して、OTCMを使用しない場合には、平均遅延時間とタイムウィンドウには相関は見られない。また、シミュレーション中のOTC-PSQおよびOTC-SQのキュー長もそれぞれ2以下である。これは、タイムウィンドウまでに時間的余裕のあるTCデータをOTC-PSQにキューイングし、さらにタイムウィンドウまでの時間的余裕に応じて動的にOTC-PSQからOTC-SQへのデータ移動する本方式が、タイムウィンドウを保証するのに有効な方式であることを示している。

5. おわりに

本論文では、ネットワークの負荷の状態によらず指定したタイムウィンドウで送信が実行可能なオンタ

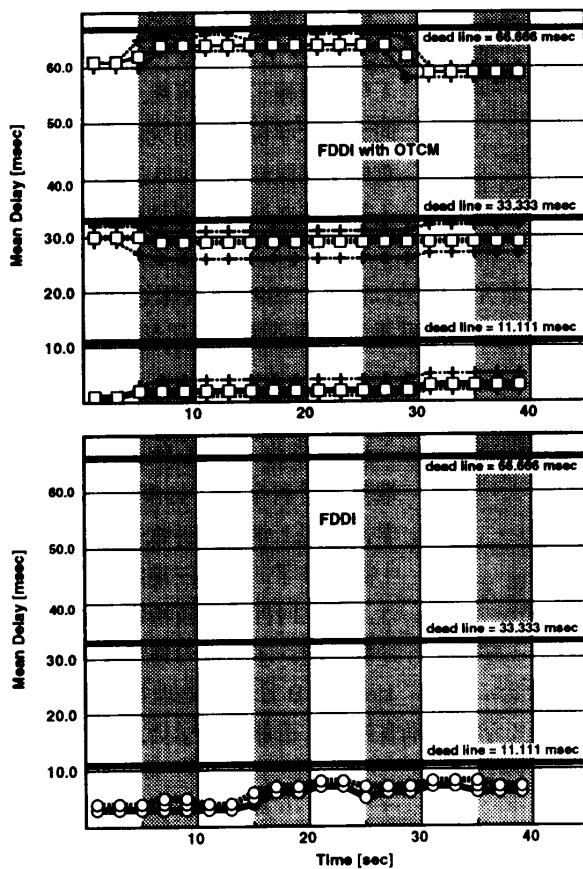


図8 TCデータの平均遅延時間の時間推移
(3種類のタイムウィンドウがある場合)

Fig. 8 Mean delay transition of TC data under 3 types of time window.

イムクリティカル通信制御方式 (OTCM) を提案し、FDDI を使用したシミュレーションによる比較を行った。その結果、我々の提案した OTCM は、非 TC データの混在状態にかかわらず高いオンタイムクリティカル性能を保証できることが分かった。

本論文で提案した OTCM は、制御を簡単にするために OTC-PSQ から OTC-SQ への TC データの移動閾値を、過去の最大トークン巡回時間の 2 倍としている。したがって、過去の非 TC データの発生量やマルチメディア・アプリケーションの実行数が減少した場合には、最適な方法とはなっていない。今後、トークン巡回時間の変化量から非 TC データの発生や TC データの発生周期を予測して、オンタイムクリティカル性能が高く平均遅延時間の揺らぎ幅が小さいオンタイムクリティカル通信が可能なプロトコルを検討する予定である。

謝辞 本論文をまとめるうえで有益なご助言をいただいた三菱電機 (株) 名古屋製作所の中野宣政主管技師長に感謝します。また、日頃ご指導いただく静岡大学工学部の佐藤文明助教授と水野忠則教授に深謝し

ます。

参考文献

- 1) 南部 明, 木原誠司, 徳田英幸, 塩野崎敦, 福島英洋: マルチメディア統合環境におけるリアルタイム通信プロトコルへの課題, 情報処理学会マルチメディアと分散処理研究会, Vol.93-DPS-60-11, pp.81-88 (1992).
- 2) ISO9314: Fiber Distributed Data Interface.
- 3) Chen, B., Agrawal, G. and Zao, W.: Optimal Synchronous Capacity Allocation for Hard Real-Time Communications with the Time Token Protocol, *Proc. Real-Time Systems Symposium*, pp.198-205 (1992).
- 4) Johnson, M.J.: Proof that Timing Requirements of the FDDI Token Ring Protocol are Satisfied, *IEEE Trans. Commun.*, Vol.COM-35, No.6, pp.620-625 (1987).
- 5) Sevcik, K.C. and Johnson, M.J.: Cycle Time Properties of the FDDI Token Ring Protocol, *IEEE Trans. Softw. Eng.*, Vol.SE-13, No.3, pp.376-385 (1987).
- 6) Agrawal, G., Chen, B., Zhao, W. and Dabari, S.: Guaranteeing Synchronous Message Deadlines with the Timed Token Protocol, *Proc. IEEE International Conference on Distributed Computing Systems*, pp.468-475 (1992).
- 7) Valenzano, A., Montuschi, P. and Ciminiera, L.: Some Properties of Timed Token Medium Access Protocols, *IEEE Trans. Softw. Eng.*, Vol.SE-16, No.8, pp.858-869 (1990).
- 8) Pang, J.W.M. and Tobagi, F.A.: Throughput Analysis of a Timer Controlled Token Passing Protocol under Heavy Load, *IEEE Trans. Commun.*, Vol.COM-37, No.7, pp.694-702 (1989).
- 9) DTR12178, I.: User Requirements for Systems Supporting Time-Critical Communications (1993).
- 10) Agrawal, G., Chen, B. and Zao, W.: Local Synchronous Capacity Allocation Schemes for Guaranteeing Message Deadlines with Timed Token Protocol, *Proc. IEEE Conf. Computer Communications*, INFOCOM '93, pp.186-193 (1993).
- 11) Kamat, S., Malcolm, N. and Zao, W.: Performance Evaluation of a Bandwidth Allocation Scheme for Guaranteeing Synchronous Messages with Arbitrary Deadlines in an FDDI Network, *Proc. Real-Time Systems Symposium*, pp.34-43 (1993).
- 12) 厚井裕司, 妹尾尚一郎, 高田佳典, 井手口哲夫, 石坂充弘: LAN におけるタイムクリティカル通信プロトコルの提案と評価, 電子情報通信学会論文誌 (B-I), Vol.J76-B-I, No.11, pp.882-891

- (1993).
- 13) 楠 和浩, 中川路哲男, 勝山光太郎, 中野宣政: 2段階送信キューを持つタイムクリティカル通信プロトコルの提案とその評価, 電子情報通信学会論文誌 (D-I), Vol.J78-D-I, No.8, pp.746-755 (1995).
- 14) MacDougall, M.H.: *Simulating Computer Systems*, The MIT Press, Cambridge (1987).
- 15) Ng, J.K.Y. and Lir, J.W.S.: Performance of High-Speed Networks for Multimedia Applications, *Proc. 18th Conference on Local Computer Networks*, pp.513-522 (1993).
- 16) Crimmins, S.M.: Analysis of Video Conferencing on a Token Ring Local Area Network, *Proc. ACM Multimedia 93*, pp.301-310 (1993).

(平成7年9月21日受付)

(平成8年3月12日採録)



楠 和浩 (正会員)

1962年生. 1986年3月九州大学工学部情報工学科卒業. 1988年3月同大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了. 同年三菱電機(株)入社. 現在同社情報技術総合研究所に勤務. 情報ネットワークおよび分散処理システムに関する研究・開発に従事. 1992年情報処理学会第45回全国大会奨励賞授賞. 電子情報通信学会会員.



中川路哲男 (正会員)

1958年生. 1981年3月東京大学電気工学科卒業. 1983年3月同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了. 同年三菱電機(株)入社. 現在同社情報技術総合研究所に勤務. 工学博士. 分散処理システムの構築に関する研究・開発に従事. 1988年9月情報処理学会全国大会において学術奨励賞授賞. 情報処理学会, 電子情報通信学会各会員.