

応答時間を考慮した

3V-1

タイムクリティカル通信プロトコル

岡崎 直宣, 井手口 哲夫, 永島 規充, 妹尾 尚一郎, 厚井 裕司

三菱電機(株)情報技術総合研究所

1. はじめに

プラント制御やファクトリオートメーション(FA)などの制御用通信の分野を初めとしてマルチメディア通信においては, データを高速に転送する実時間性能に対する要求だけでなく, 制御機器に対して指定した時間内に通信を完了し, 制御動作の実行を保証すること(タイムクリティカル性)が要求されている。従来, 制御用通信に用いられているFDDIなどのMAC(Media Access Control)層プロトコルであるTimed Token Protocol(TTP)では, 同期と非同期という2種類のデータを扱い, 優先度の高いものを同期データとして転送する。このTTPではタイムウインドウ値を動的に保証する機能がないため, アプリケーションが想定している時間の上限を越えた同期データの送信が発生しても, タイムクリティカル性の保証はできなかった^{[1][2]}。

筆者等は高負荷時の性能低下を防ぎ, かつタイムクリティカル通信に適したプロトコルとして, 指定されたタイムウインドウを越えるデータの送信を抑制するメカニズムをFDDIなどに使用されているTTPに導入することにより, 単方向におけるタイムクリティカル通信性能を向上できるプロトコルを提案し, その有効性を示した^[3]。

本稿では, タイムクリティカル通信プロトコルの技術的課題としてこれまで検討がされていない要求から応答を受ける(コマンド・レスポンス型)までのタイムクリティカル性に対応できるタイムクリティカル通信プロトコルを提案する。

2. タイムクリティカル通信モデル

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という概念が用いられる。タイムウインドウの定義には次の三種類がある。

①TW_w:データ転送を要求したTCCE(Time Critical Communication Entity)からそのデータを受信するTCCEまでのデータ転送に要する時間への制約を表

すタイムウインドウ(単方向型)。

②TW_R:データ転送を要求したTCCEがそのデータを受信したTCCEより応答を受けるまでに要する時間への制約を表すタイムウインドウ(コマンド・レスポンス型)。

③TW_T:一連のデータ転送から成るタイムクリティカル通信トランザクションに要する時間への制約を表すタイムウインドウ(トランザクション型)。

本稿では, タイムクリティカル通信の要求が強いLANにおいて, コマンド・レスポンス型として最も基本的な②TW_Rがシステムにおいて一義的に決定される場合, これを保証するタイムクリティカル通信プロトコルの特性について議論する。

3. コマンド・レスポンス型タイムクリティカル通信プロトコル

3.1 通信モデル

ここでは, コマンド・レスポンス型のタイムクリティカル性を確保するため, 既に筆者らが提案したタイムクリティカル通信プロトコルの通信メカニズム^[3]に, 応答ノードでの残存するタイムウインドウ値を考慮した通信制御メカニズムを新たに導入する。以下では, 提案するプロトコルをコマンド・レスポンス型タイムクリティカル通信プロトコル(Time-Critical Communication Protocol with Command and Response, TCCP/CR)と呼ぶ。

このTCCP/CRは, LANのMAC副層においてMACエンティティによって実行され, このMACエンティティと高位に位置するTCCEの間で, タイムウインドウなどタイムクリティカル通信特有のパラメータを受け渡す必要がある。これらのパラメータを含むようにISOのMAC副層サービスを拡張したプリミティブ/パラメータ例を表1示す。

TCCP/CRを実行する各ノードは, トークンパッシング伝送方式に基づくLANに接続され, TCCEとMACエンティティ間に次のキューを持つ。

(1)送信キュー

- ・タイムクリティカル(TC)送信キュー:タイムウインドウを指定されたTCデータの送信用キュー
- ・非タイムクリティカル(NTC)送信キュー:非タイムクリティカルデータ(NTCデータ)の送信用キュー

(2)処理キュー

A time-critical communication protocol considering response time.
Naonobu OKAZAKI, Tetsuo IDEGUCHI, Norimitsu NAGASHIMA, Shoichiro SENO and Yuuji KOUI
Information Technology R&D Center, MITSUBISHI Electric Corporation.
5-1-1, Ofuna, Kamakura, 247 JAPAN

- ・TC処理キュー：応答ノードで受信したTCデータ（要求）をTCCEに通知するためのキュー
- ・NTC処理キュー：応答ノードで受信したTCデータ（要求）をTCCEに通知するためのキュー

サービス	プリミティブ	パラメータ
データ転送	MA-UINTDATA.request MA-UINTDATA.indication	宛先アドレス, 発信元アドレス, TC指定, タイムウィンドウ, 利用者データ, 他
TCデータ送信確認	MA-TC-UINTDATA.indication	TC送信結果

表1 拡張MACサービスプリミティブ

(3)通知キュー

- ・受信したTC/NTCデータおよび送信できなかったTCデータのTCCEへの通知用キュー（要求ノード）
- ・送信できなかったTCデータのTCCEへの通知用キュー（応答ノード）

3.2 プロトコル基本動作定義

TCCP/CRのプロトコルの基本動作の概要を示す。
【要求ノード】

(1)TC送信キュー状況の通知

各ノードはTCまたはNTCデータを送信後、ブロードキャストにて他のノードにTC送信キューにあるTCデータ数と各TCデータ長を伝える。

(2)他ノードのトークン保持時間と自ノードへのトークン到着待ち時間の推定

・他ノードからブロードキャストにより通知を受けたTC送信キュー状況から、そのノードのトークン保持時間(TS)を算出する。

・他ノードからのブロードキャスト通知により自ノードにトークンが到着するまでの時間(Ttw)を算出する。

(3)TCデータ（要求）送信要求の受理によるTCデータの送信可能の判定

・受理したTCデータ（要求）の自ノードのTC送信キュー上での待ち時間(Tqw)を算出する。

・タイムウィンドウを越えたTCデータ（要求）は廃棄する。

(4)トークン受理によるデータ（要求）送信処理

・TC送信キューのTCデータを前回トークンを渡した時間からTTRT (Target Token Rotation Time)経過以内またはなくなるまで送信する。

・TTRT経過以内にTC送信キューがなくなれば、NTC送信キューのNTCデータをTTRT経過以内まで送信する。

・上記送信が終了した場合に、ブロードキャストにてTC送信キューの状況を通知する。

(5)データ（応答）受信処理

データ（応答）を受信し、データ受信通知を行う。

【応答ノード】

(1)TC送信キュー状況の通知

(2)他ノードのトークン保持時間と自ノードへのトークン到着待ち時間の推定

(3)データ（要求）受信処理

(4)TCデータ（応答）送信要求の受理によるTCデータの送信可能の判定

・受理したTCデータ（応答）の自ノードのTC送信キュー上での待ち時間(Tqw)を算出する。

・タイムウィンドウを越えたTCデータ（応答）は廃棄する。

(5)トークン受理によるデータ（応答）送信処理

4. まとめ

本稿では、コマンド・レスポンス型のタイムクリティカル性に対応できるタイムクリティカル通信プロトコルを提案した。

本プロトコルの通信特性を明らかにするために、シミュレーションにより評価を行った。その結果によれば、従来のTTPではLANの伝送容量の50%に相当するトラフィックに対してはタイムクリティカル性を保証できないのに対して、本提案プロトコルでは、要求と応答のトラフィックを合わせてLANの伝送容量の100%に相当するトラフィックに対してタイムクリティカル性を保証することができるが示された。

参考文献

[1] Agrawal G., Chen B. and Zho W. : Local Synchronous Capacity Allocation Schemes for Guaranteeing Message Deadlines with Timed Token Protocol, Proc. IEEE Conference on Computer Communication, INFOCOM'93 (1993).

[2] Kamat S., Malcolm N. and Zho W. : Performance Evaluation of Bandwidth Allocation Scheme for Guaranteeing Synchronous Messages with Arbitrary Deadlines in an FDDI Network, Proc. Real-Time Systems Symposium (1993).

[3] 厚井, 妹尾, 高田, 井手口, 石坂 : LANにおけるタイムクリティカル通信プロトコルの提案の評価, 信学論(B-I), J76-BI, 11, pp.882-891 (1993).

[4] 楠, 中川路, 勝山, 中野 : 2段階キューをも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, 信学論 (B-I), Vol.J78-D-I, No.8, pp.746-755 (1995).