

同期型 TDMA 実現のための時分割スイッチングハブの試作

Development of Time Division Switching Hub for realizing Synchronous TDMA

80221650 上田 健吾 (Kengo Ueda) Supervisor 矢向 高弘 (Takahiro Yakoh)

1 はじめに

ブロードバンドのインフラ整備の波を受け、ロボット制御などのハードリアルタイム通信を Ethernet を利用しておこなう要求が出てきた。しかし、既存の protocols を利用した状態では、マルチホップ環境でのハードリアルタイム通信の実現は非常に困難である。

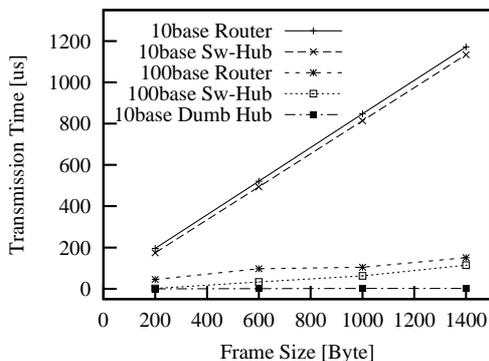
本研究では、リアルタイム通信機構と一般のネットワーク機構とを共存させる STDMA という手法を用い、マルチホップ環境下において、定期的な周期で End to End の通信遅延が保証できるハードリアルタイム通信を実現するために必要な要件を満たすための protocols を策定し、システムの試作をおこなう。

2 原理

STDMA では 2 つのモードが定義される。1 つは Exclusive Mode で、実時間通信をおこなうためのモードである。このモードの間は、遅延時間が短く固定であり、信号の整形および中継の機能のみ持つダムハブのように動作する。もう 1 つは Shared Mode で、遅延時間が長く予測不可能であるが、一般の通信をおこなうのに有効なスイッチングハブとしての動作をおこなうものである。

各通信機器で同期して 2 つのモードを切り替えることで、従来のネットワークと仮想専用線を時分割多重化により共存させる。これにより、ある時間帯のみ End to End で遅延時間を予測可能にできる。

3 予備実験



図：各通信機器の遅延時間

本原理の実装にあたり、各通信機器の遅延時間を計測した。この結果、ダムハブの機能を用いることで Exclusive Mode が実現できることが確認できた (図)。

4 プロトコルの策定

実験で得たデータを元に、タイムスロットを予約するための通信プロトコルの策定をおこなった。STDMA 通信には、すべてのノードを同期させ、タイムスロットごとにハードリアルタイム通信が可能となるため、この資源を制御する予約機構を利用する。この機構のために、それぞれのノードは表のような資源テーブルを持つ。

資源を予約する方法としては、まず、送信元から宛先に向かって、自分自身の STDMA テーブルを参照し、空いているタイムスロット情報を含めた予約要求パケットを送信する。空いていたタイムスロットは仮予約をおこなっておく。

表：STDMA テーブル (1000 スロット / 秒の例)

タイムスロット番号	0	1	...	998	999
送信元ポート	3	Null	...	Null	Null
宛先ポート	4	Null	...	Null	Null
予約終了時刻	1071644846	1071644852	...	Null	Null
送信元 IP アドレス	192.168.71.3	192.168.71.5	...	Null	Null
	本予約	仮予約	...	空き	空き

予約要求を受け取った中間ノードはパケットを確認し、これまでの空きタイムスロットの中で、いずれかの空きタイムスロットがあれば、仮予約をおこなった上で、次のノードに予約要求パケットを、自分自身でも空いているタイムスロットが無ければ、送信元へ予約受付拒否パケットを流す。

この動作を続け、到達先ノードが予約要求パケットを受信し、自分自身のタイムスロットも空いていれば、送信元に対して、予約を受け付けるタイムスロット番号を含めた予約承認パケットを返す。このパケットを受け取ったら、途中の各ノード及び送信元ノードは、それぞれの STDMA テーブルを確認し、予約を受け付けたタイムスロット以外の仮予約を解除し、予約を受け付けたタイムスロットの本予約をおこなう。

送信元ノードは、パケット送出をおこなった LT-refresh 秒後に、自分自身の STDMA テーブルを確認し、STDMA テーブルが更新されていることを確認すると、リアルタイム通信を開始する。予約した番号のタイムスロットが初期状態のままであれば、いずれかの途中ノードまでで、空きタイムスロットが全て予約されていたと判断し、再度予約要求のパケットを送信する。

各ノードは LT-refresh 秒に一度の頻度で STDMA テーブルの検査をおこなう。現在の時刻と STDMA テーブルの予約終了時刻を比較し、既に予約が終了しているタイムスロットの各テーブルを初期化する。これをもって予約の終了とする。予約を継続するためには、更新作業の必要がある。

5 実装

上記プロトコルを実現するため、ネットワークプロセッサ Intel IXP 1200 を用いた通信用基板 ENP-2502 を用意した。STDMA のそれぞれの Mode でのパケット I/O 制御をおこない、STDMA を実現させるプログラムを作成した。これらのコードによる IXP への I/O エミュレートをおこない、STDMA プロトコルのシミュレーションをおこない、基本的な動作確認をおこなった。しかし、実機での動作には至っていない。

以上の結果より、STDMA を用いることで、一般の通信も阻害しないまま、ハードリアルタイム通信をおこなうことが可能である。

6 結論と今後の課題

本研究では Ethernet を用いたネットワーク内で、一般の通信と共に実時間通信を確立する STDMA を実現するためのモデル・プロトコルの策定、および転送遅延の計測と実機シミュレーションをおこなった。

今後は、試作したコードを実機に載せた上で、実際にこのプロトコルを実装した送信元・宛先で用いるアプリケーションの作成をおこない、STDMA リアルタイム通信機構を完成させる。