

ISDNを用いた分散高精度時刻同期プロトコルとNTPの統合

50-5

山下 高生, 小野 諭

NTTソフトウェア研究所

1 概要

時刻同期方法は、ソフトウェア型とハードウェア型に分類することができ、ハードウェア型は、ソフトウェア型よりも高精度の時刻同期が可能である。我々は、広域分散環境で連続メディア処理を行うために不可欠な高精度時刻同期方法として、(1) フレーム同期クロックの共有による周波数同期、(2) 回線交換接続によるネットワークの遅延時間差の削減および(3) ハードウェアによる時刻差測定用パケットのタイムスタンプ付与を特徴とするISDN時刻同期方法について提案・実装・評価を行ってきた[1][2]。本方式は、NTP[3]よりも高精度の時計同期を行うことを目的としているが、プロトコルの部分については、NTPと比較すると、サーバ/クライアント間で送受信し合うデータの内容に共通部分が多いため、時刻同期プロトコルの事実上の標準であるNTPと統合することができれば、既存のアプリケーションとの接続が容易になる。本発表では、本方式をNTPとの整合性を高めるための必要事項について検討を行う。

2 ISDN時刻同期方法とNTPの特徴

一般に、時刻同期プロトコルは、計算機間の時刻差を測定するためのパケットを送受信し合い、そのパケットの送受信時刻を測定して時刻同期を行う。このとき、メッセージの交換方法に与える主な相違点は、以下の3点となる。

1. 送受信時刻の測定タイミング(送受信開始時刻および終了時刻)。
2. 測定用パケットとそのパケットの送受信時刻を運ぶパケットの送信方法。
3. コネクション指向とコネクションレス。

上記3点について、ISDN時刻同期方法とNTPについて、以下に比較検討を行う。

ISDN時刻同期方法 ISDN時刻同期方法は、

- 回線交換網を用いたサーバ/クライアント間の接続によって遅延時間差の影響を削減。
- フレーム同期クロックを用いた周波数同期によって同期処理頻度の削減。
- 測定用パケットの送受信時刻のハードウェアによるタイムスタンプ付与。

を特徴としている。測定用ハードウェアに関しては、既存のネットワークインターフェイスのハードウェアやドライバとは、可能な限り独立させること、およびハードウェア量を削減するという方針で設計を行なった結果、以下に示すように実装した。図1に時刻同期プロトコルを示す。

1. 測定タイミングとして終了時刻を使用。

Integration of the precise clock synchronization method using ISDN with NTP

Takao YAMASHITA, Satoshi ONO

NTT Software Laboratories

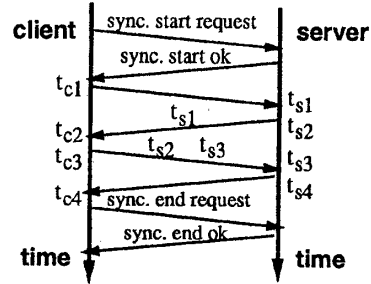


図1: ISDN時刻同期プロトコル

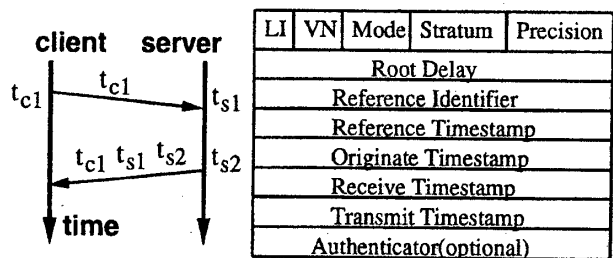


図2: NTPプロトコルとパケット・フォーマット

2. 測定用パケットとタイムスタンプを異なったパケットで送信。
3. コネクション指向による時刻同期サービス。

1は、正しいフレームであることを確認した後に測定できるため測定が比較的容易であるという理由からである。2は、測定タイミングとして終了時刻を使用していることから送受信時刻を同一のパケットで送信することができないためである。3は、ハードウェア量の削減のために複数チャネルの対して送受信時刻測定回路が単一であることおよび通信用ドライバと測定用ドライバを分離したことにより、測定用ハードウェア資源の割り当て/解放のためにコネクション指向の実装を行った。

NTP NTPは、ソフトウェアのみによる実現を特徴とするものであり、以下のような仕様になっている。図2に、NTPのプロトコルとメッセージ・フォーマットを示す。

1. 測定タイミングは、送信開始と受信終了時刻を使用。
2. 測定用パケットとタイムスタンプを同一のパケットで送信。
3. コネクションレスによるサービスを提供。

1は、測定時刻をプロセスから取得するためである。2と3は、メッセージ交換処理を容易にするためである。

3 ISDN時刻同期方法とNTPの統合

ISDN時刻同期方法とNTPの統合するために、NTPのメッセージ・フォーマットを変更するという事は、現在のアプリケーションとの整合性から好ましくない。そこで、本章では、プロトコルの統合を実現する方法として、NTPメッセージ・フォーマットを使用してISDN時刻同期方法を実現する方法とNTPへの新規プロトコルの付加によって、ISDN時刻同期方法をNTPの拡張機能として統合する方法について検討する。

**NTP メッセージ・フォーマットによる ISDN 時刻同期方法の実現** ISDN 時刻同期方法と NTP は、前章で述べたように、メッセージ交換に関して、その特徴などに起因する違いがある。NTP メッセージ・フォーマットによって ISDN 時刻同期方法を実現するには、以下のような変更を ISDN 時刻同期方法に行う必要がある。

- (A) 測定用パケットとそのパケットの送受信時刻を運ぶパケットを同一にする。
- (B) 時刻同期サービスの開始・終了処理の削除によるサービスの接続レス化。

(A)の同一パケット化を実現するためには、(1) 測定用パケットの送受信時刻として開始時刻を用いること、および(2) ハードウェアによって測定された開始時刻を送信途中のパケットのタイムスタンプが挿入されるべき位置に付与することが必要となる。(1)の開始時刻の測定は、通信用 IC によっては、割り込み信号や送受信信号の監視によって実現可能と考えられる。(2)のタイムスタンプの書き込みについては、通常の通信用 IC では、送信コマンドを実行する前のある程度の送信バッファをデータで満たさなければならない。バッファサイズは、通信用 IC によって異なるが、送信開始時刻をそのパケットに書き込むためには、時刻を書き込む位置が送信バッファのサイズよりも後ろにならなければならない。現在用いている INS64 の場合、NTP の送信時刻のタイムスタンプ (Originate, Transmit Timestamp) は、バッファサイズよりも後ろにあるような通信用 IC も存在するため、測定用パケットのタイムスタンプをそのパケットに書き込むことも可能と考えられる。しかし、通信インターフェースの帯域が広くなるにつれてバッファサイズは大きくなると考えられ、将来的には、広帯域なインターフェースを使って同様のことを行なうことは困難になってくると考えられる。

(B)のサービス開始・終了処理の削除を実現するためには、(1) 非同期に送受信されるパケットの送受信時刻の測定および(2) 測定された送受信時刻がどのパケットのものかを対応づける必要がある。(1)のためには、送信時刻および受信時刻測定回路がそれぞれ少なくとも同時に接続される可能性のあるチャネル数分だけ必要となる。しかし、特にサーバが INS1500 を利用した場合など、多くのチャネルを持つような場合には、測定用ハードウェアのコストがかなり増大してしまう。(2)については、パケットの送受信と時刻測定を同時に行なう必要があり、実現方法としては通信用ドライバと測定用ドライバとを同一にして、パケット送受信時に同時に、そのパケットの送受信時刻の対応づけを行ってしまうという方法が考えられる。

**ISDN 時刻同期方法を NTP の拡張機能として統合する方法** ここで述べる ISDN 時刻同期方法を NTP の拡張機能として統合する方法は、以下の2つによって実現する。

- (i) NTP の制御プロトコルへ付加機能呼び出しオペレーションを追加する。
- (ii) ISDN 時刻同期方法のメッセージ・フォーマットを NTP のものとする限り共通化する。

(i)を図3を用いて説明する。まず、NTP の制御プロトコルに「付加機能呼び出しオペレーション」用の Operation ID を割り当てる。呼び出しオペレーションのデータ部のフォーマットは、サービス・タイプとサービスに対す

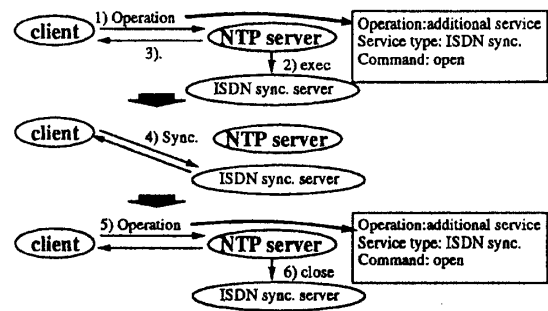


図3: ISDN 時刻同期方法を NTP の拡張機能として統合する方法

るコマンドおよびコマンドに依存したパラメータとする。この制御オペレーションを使用して、1) クライアントは、NTP サーバに対して ISDN 時刻同期サービスのオープンを要求する付加機能呼び出しを行う。2) NTP サーバ側は、この呼び出しに対して ISDN 時刻同期サーバを呼び出す。3) クライアントに対して ISDN 時刻同期サーバと通信するための情報を送る。4) ISDN 時刻同期サーバとクライアント間で時刻同期を行う。5) クライアントは、NTP サーバに対して ISDN 時刻同期サービスのクローズを要求する付加機能呼び出しを行う。6) NTP サーバは、ISDN 時刻同期サーバを終了させる。

(ii)については、前述のように ISDN 時刻同期方法は、NTP と異なり、測定用パケットと、その測定用パケットの送受信終了時刻が異なったパケットで運ばれる。よって、NTP のメッセージ・フォーマットに新たに、

- 各パケットの識別子としてシーケンス番号
- 各パケットが運んでいるタイムスタンプが、どのパケットのためのものかを表すタイムスタンプ・シーケンス番号

が必要となる。これらのフィールドを加えた NTP メッセージをサーバ/クライアント間で以下のようにメッセージ交換して、ISDN 時刻同期を行う。

- (1) サーバおよびクライアントは、各シーケンス番号の測定用パケットの Originate、Receive および Transmit タイムスタンプを管理
- (2) クライアントは、新規のシーケンス番号を持つ測定用パケットに過去のタイムスタンプ・シーケンス番号とタイムスタンプをのせてサーバに送信
- (3) サーバは、そのタイムスタンプ・シーケンス番号のタイムスタンプをパケットにマージしてクライアントに送信

この方法は、プロトコル処理の中での NTP と ISDN 時刻同期方法との境界が明確であり、NTP への実装が比較的容易であると考えられる。

#### 参考文献

- [1] 山下, 小野, 「高速デジタル網を用いたクロック周波数同期」, 信学技報, CPSY94-119, pp.25-31, Mar. 1995.
- [2] 山下, 小野, 「ISDN 網を用いた分散高精度時刻 / 周波数同期」, 情処研報 (95-DPS-71), Jul. 1995.
- [3] D.L.Mills, "Precision Synchronization of Computer Network Clocks", Comput. Comm. Rev., Vol. 24, No. 2, pp.28-43, Apr. 1994.