

広域時計を用いた等時性保証通信の実現法

7U-5

小倉 毅 小野 諭 高橋 直久

{ogura, ono, naohisa}@slab.ntt.jp

NTT ソフトウェア研究所

1 はじめに

広域分散環境において、ビデオ画像、音声、リモートセンシング波形などの連続メディアをデジタル化して扱う際、元信号の時間的な間隔を正確に再現できること(等時性の回復)が重要である。しかし、従来の伝送装置ではアナログ/デジタル変換部やメディア速度制御部などの各種デジタル信号処理装置がそれぞれ独立したクロックで動作するため、水晶発振器の精度限界によってクロック周波数についての誤差が蓄積し、等時性の回復が困難であった。本論文では、INS-64などの高速デジタル通信網が持つ高精度フレーミングクロック(フレーム同期ビットのタイミングをもとに生成したクロック)を利用した広域時計同期技術[1]を用いた、等時性保証通信の実現法を提案する。

2 等時性保証通信実現上の問題点

広域分散環境で連続メディアをフルデジタル処理する際、元信号の等時性を正確に回復するためには、送信側と受信側でクロックの周波数の同期が正確にとれている必要がある。従来の伝送装置は、アナログ/デジタル変換部やメディア速度制御部などの各種デジタル信号処理装置がそれぞれ独立したクロックにもとづいて動作する。この場合、標準的な水晶発振器の精度限界(10^{-5} 程度)から、基準となるクロックの周波数について、パケットの受信時刻からクロックの精度を修正する試みもある[2]が、誤差が蓄積し、メディアストリームを長時間再生すると時間的なずれが生じたり、スリップが生じる可能性がある。

MPEG1や2では、STC(System Time Clock)の周波数を符号器側/復号器側で一致させるために、SCR(System Clock Reference)やPCR(Program Clock Reference)といった情報を符号器側から復号器側へ伝達する[3]。このような方法では、クロック系統間に依存関係が生じ、独立同期[4]の場合に比べて制御が複雑になる。また、クロック周波数情報の伝達系統がデータの伝送系統と同一であり、データ伝送系統に輻輳や障害が発生した場合の影響を受けやすい。

INS-64の回線交換網では、網同期によって固定ビットレートで遅延変動の極めて小さい回線を実現しており、元信号の等時性は保存される。しかし、情報源の速度変動に対応できない、可変長圧縮などのクロックロスを伴う非同期的な処理ができないといった点で柔軟性に欠ける。

3 ネットワークを用いた広域時計同期

分散環境で実時間制御を行なう場合には、遠隔地の時計を同期させる広域時計同期技術が重要である。著

The method for achieving isochronous communication using global clock synchronization.

Tsuyoshi OGURA, Satoshi ONO, Naohisa TAKAHASHI
NTT Software Laboratories

者らは、INS-64などの高速デジタル通信網が持つフレーミングクロックを用いた広域時計同期システムの開発を進めている[1]。この広域時計は、従来の水晶発振器を用いた時計に比べて精度(進み方)、安定度ともに数桁よいことが確認されており[1]、遠隔地の時計の進み方を非常に高い精度でそろえることができる。

4 等時性保証型伝送装置

本節では、上述の広域時計同期技術のうちの周波数同期を用いて等時性の回復を可能とする伝送装置の実現法を述べる。この方法では、以下の特徴を実現することにより、クロックに関するデータを実データ伝送路を介して送受することを不要にし、また、パケット転送や可変長圧縮などクロックロスを伴う非同期的な伝送や処理をしても等時性を回復することを可能にしている。

1. 広域網のフレーミングクロックの利用
送/受信側それぞれで、INS-64などの高速デジタル通信網の物理層からclock recoveryによって高精度のフレーミングクロックを抽出し、これを分周または通倍したクロック(以下、基準クロック)を各処理装置の動作周波数基準として用いる。
2. タイムスタンプの付加
基準クロックをカウントするカウンタによって、各パケットにタイムスタンプを付加する。これにより、メディアの時間軸情報を現実の時間経過ではなく、データとして処理することを可能にする。
3. バッファメモリの管理法
伝送遅延時間の変動を吸収するためのバッファを持ち、パケットのタイムスタンプ値と同一のアドレスにデータを書き込む。データの読み出しは伝送網の遅延時間に応じて開始時刻を遅延させ、送信側のタイムスタンプ用カウンタと同期して動作するメモリポインタによって行なう。

図1に提案する伝送装置の構成を示す。送信側では、タイムスタンプとしてカウンタ値を付加しながらパケットを送出する。このタイムスタンプは、パケットに格納されるデータの最初のサンプリング時刻を示す。受信側では、受信したパケットのタイムスタンプ値と同一のバッファメモリ内アドレスにデータを格納していく。そして、送/受信地点間でコネクションが確立されてから、データの読み出しを行なっても常時次のデータの到着が保証されるだけのデータがバッファにたまった時点で(この時間は予めデータ伝送網の遅延時間分布特性を測定し定めておく)、読み出し用メモリポインタを用いてバッファメモリからの読み出しを開始する。以後、バッファメモリをリングバッファとして、データの書き込み、読み出しを非同期的に並行に行なう。

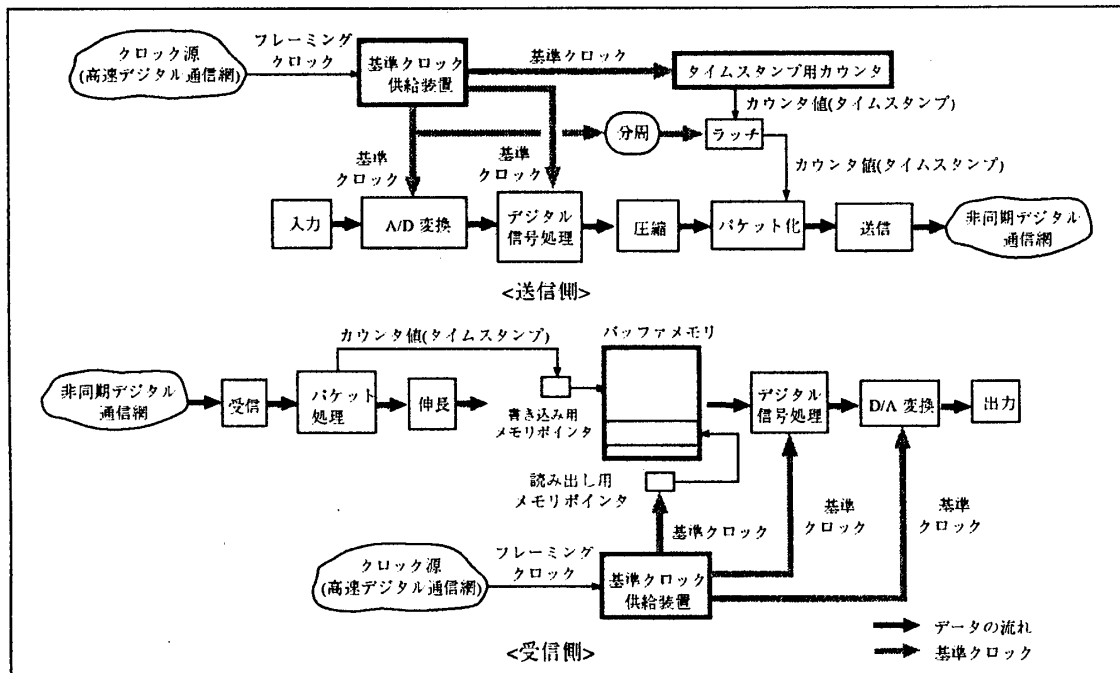
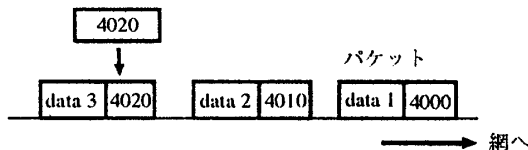


図 1: 等時性保証型伝送装置の構成

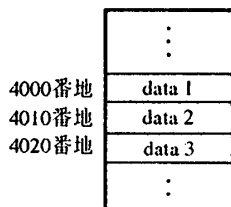
この方法では、まず、タイムスタンプ値とパケットデータとの対応を、バッファメモリ上のアドレスとそこに格納されたデータの対応として再現している (図 2)。そして、このように格納されたデータに対して、タイムスタンプ用カウンタの動作クロックと高い精度で一致したクロック周波数で動作するメモリポインタによって逐次読み出し操作を行なうので、A/D 変換後と同一のビットレートでバッファメモリからデータを転送することができる。さらに、基準クロックを用いて各種処理装置のクロック周波数を高い精度で制御しているため、スリップなどの発生を防止し、かつ元信号の等時性を回復することが可能となる。

タイムスタンプ用カウンタ



<送信時におけるタイムスタンプ値とデータの対応>

バッファメモリ



<バッファメモリにおけるアドレスとデータの対応>

図 2: タイムスタンプとデータの対応の再現

5 むすび

本手法では、広域デジタル通信網が持つ高精度のフレーミングクロックを用いて送/受信側の各処理装置の動作周波数を高い精度で制御しているため、スリップなどの発生を防止でき、かつ元信号の等時性を正確に回復することができる。また、タイムスタンプを用いて、メディアの時間軸情報を現実の時間経過ではなくデータとして処理するため、パケット転送や可変長圧縮などのクロックロスを伴う非同期的な伝送や処理をしても後で等時性を回復できる。このため、データの送/受信地点間で常時等時性を維持するような網に比べ、自由度の高い処理が可能になる。また、クロック周波数の情報について、実データ伝送路を介して送受する必要がなく、実データ伝送路の輻輳や障害の影響を受けにくいものとなっている。

今後は、詳細設計を行ない、製作、評価へと進めていく予定である。

謝辞

本研究をご支援下さる後藤滋樹広域コンピューティング研究部長をはじめ、同部の皆様には感謝いたします。

参考文献

- [1] 山下高生, 小野諭, "高速デジタル網を用いたクロック周波数同期", (RTP'95 に発表予定) .
- [2] R.P.Singh, Sang-Hoon Lee, Chong-Kwoon Kim, "Jitter and Clock Recovery for Periodic Traffic in Broadband Packet Networks", *IEEE Trans. Comm.*, Vol.42, No.5, MAY, 1994.
- [3] 藤原洋 監修, マルチメディア通信研究会編, "最新 MPEG 教科書", アスキー, 1994.
- [4] 葉原耕平, 井上伸雄, "デジタル総合網", 産業図書, 1989.