

研 究

3.3.2 ATM 網におけるリアルタイム VLBI 通信装置構成

渡邊 裕*¹ 上松 仁*¹ 星野 隆資*¹
木内 等*²

(1995年10月16日受理)

3.3.2 REALTIME VLBI COMMUNICATION EQUIPMENT CONFIGURATIONS FOR ATM NETWORKS

By

Yutaka WATANABE, Hitoshi UEMATSU, Takashi HOSHINO,
and Hitoshi KIUCHI

VLBI is a measurement technique that each two antennas catch an electric wave from same star and measuring difference of each arrival time. A structure of a star could be analyzed by calculating a distance of two antennas minutely and studying intensity correlation of electric wave and phase difference.

In the present VLBI system, data save to a magnetic tape and send the tape by post. Therefore, an analyses can be done after a few days from the measurement. The measurement data of the VLBI system is a fugue amount. These problems can be solved by using ATM transport network that can send huge amount data instantly. Using the ATM transport network, an analyses can be done immediately. The system calls real-time VLBI System.

In this paper, first, we show a principal of the real-time VLBI system, and a network configurations of the system. Second, we describe principle of time synchronous method for real-time VLBI equipment. Third, we describe merit of ATM. Finally, we shows a functional block diagram of the real-time VLBI communication equipment.

[キーワード] リアルタイム VLBI, 時刻同期, ATM, クロスコネクト, バーチャルパス.

Real time VLBI, Time synchronous, ATM, Cross-connect, Virtual path.

1. ま え が き

VLBI (Very Long Baseline Interferometry) は宇宙の彼方にある天体から発せられた電波を、離れた二つ以上のアンテナで同時に受信し、電波がそれぞれのアンテナに到達する時間差(遅延時間)を測定する。遅延時間からアンテナ間の距離を精密に測定したり、その相関強度・位相差を調べることによって電波源の構造を調べることができる。

VLBI システムにおいて、アンテナで受信した信号は大容量のデータとなる。従来はデータおよび時刻信号を磁気テープに記録し、それを相関処理装置のある場所に輸送した後、相関処理を行って遅延時間を計算していた。そのため、観測から数日後でないと相関処理を実行できなかった。これを解決する方式として、リアルタイム VLBI 通信システムが考えられる。リアルタイム VLBI 通信システムは、各アンテナで受信した信号および時刻信号を ATM (Asynchronous Transfer Mode) 通信網を介して伝送し、受信装置においてデータ観測時刻を検出して自動的にデータを揃えて相関処理装置に送

*¹ NTT 光ネットワークシステム研究所

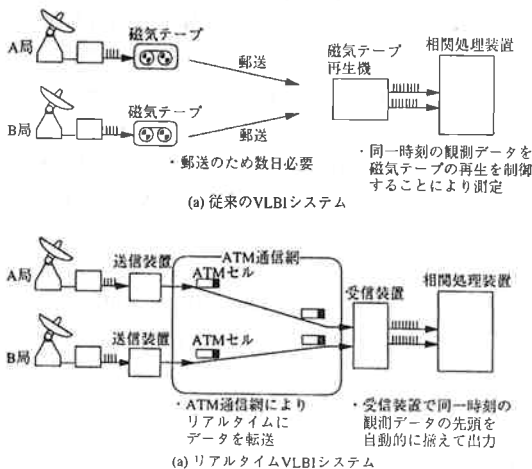
*² 標準計測部 時空技術研究室

信することにより、リアルタイムに相関処理を行うことを可能としたシステムである。

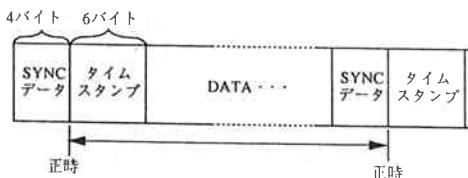
本論文では、まず、リアルタイム通信システムの原理を述べ、リアルタイム通信システムの網構成を示す。次に、リアルタイム通信システムの送信装置・受信装置の機能ブロックの各機能について説明する。次いで、リアルタイム VLBI 通信に重要な時刻同期方式の原理について示す。最後に ATM 網のメリットについて示す。

2. リアルタイム VLBI 通信システムの概要

従来の VLBI システムとリアルタイム VLBI 通信システムの比較を第 1 図に示す。従来は、各観測局で観測したデータを磁気テープに記録した後、相関処理局に郵送していた。その後、到着した磁気テープを再生し、同一時刻のデータを探索して相関処理を行っていた。このため、観測から相関処理までは、少なくとも数日が必要であった。この問題を解決するため、データを磁気テープに記録して郵送する代わりに、ATM 通信網を介してデータを伝送する方式が考えられる。これにより、

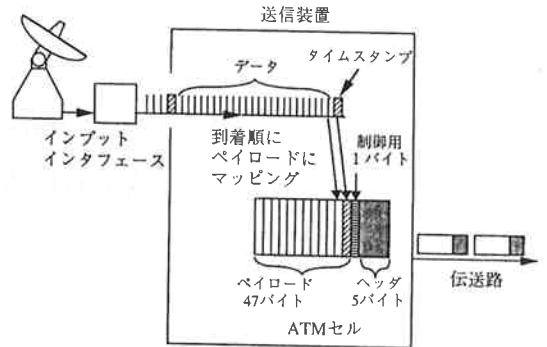


第 1 図 従来の VLBI システムとリアルタイム VLBI システムの比較

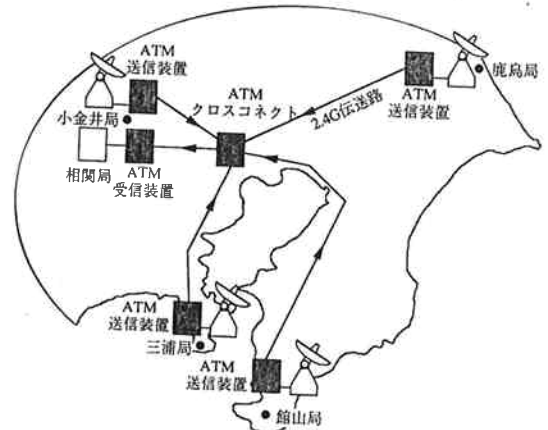


- ・ SYNC データは同期用で all1 が 4 バイト
- ・ タイムスタンプは年、日、時、分、秒をバイナリで表現
- ・ タイムスタンプは一定時間毎にデータに上書きされる。
- ・ 上図 DATA 部分は常に一定バイト数のデータが入る。

第 2 図 VLBI でのデータ構造



第 3 図 ATM セル化



第 4 図 リアルタイム VLBI 通信システム

データをリアルタイムに処理することが可能となる。また、受信装置に同一時刻のデータを揃える機能を付加することにより、相関処理装置において受信したデータが送出された時刻の位相合わせの処理を軽減することが可能である。

VLBI で用いるデータ構造を第 2 図に示す。タイムスタンプは、観測局の原子時計から得られる正確な年、日、時、分、秒を表すものであり、一定間隔毎に挿入される。SYNC データはタイムスタンプの直前に挿入され、相関処理を行うときに各観測局のデータの位相合わせの目印となる。

デジタル信号を ATM セルに変換する手順を第 3 図に示す。送信装置に入力されたデジタル信号は、到着した順に ATM セルのペイロード (情報領域) に書き込まれる。ペイロードがいっぱいになると、セルの行き先を表すヘッダが付けられて伝送路へ出力される。受信装置ではセル化の逆の動作 (デセル化) が行われディジ

タル信号に復元される。

リアルタイム VLBI 通信システムの概要を第 4 図に示す。各アンテナからの信号はデジタル信号に変換され、SYNC データ、タイムスタンプが付けられる。送信装置では、デジタル信号を ATM セルに変換し、2.488 Gb/s の伝送路に出力する。各観測局からの伝送路は網内にある ATM クロスコネクタ装置に接続され、ATM クロスコネクタ装置では、複数の信号を 1 本の伝送路に多重化して受信装置へ伝送する。受信装置では、多重化された信号を各局毎に分離し、多重化による遅延ゆらぎを吸収した後、デジタル信号に復元される。さらに、受信装置では、各観測局と相関局との伝送路距離の違いによる伝送路遅延時間差を吸収し、各局のタイムスタンプが揃うように制御（時刻同期）してから出力する。

リアルタイム VLBI 通信システムでは、各観測局で同一時刻に観測された信号を受信装置で同期させることが重要である。また、ATM 網を介した信号の伝達では、セル遅延ゆらぎおよびセル損失・誤配が発生する可能性があるため、それぞれに対処する必要がある。

3. 時刻同期の原理

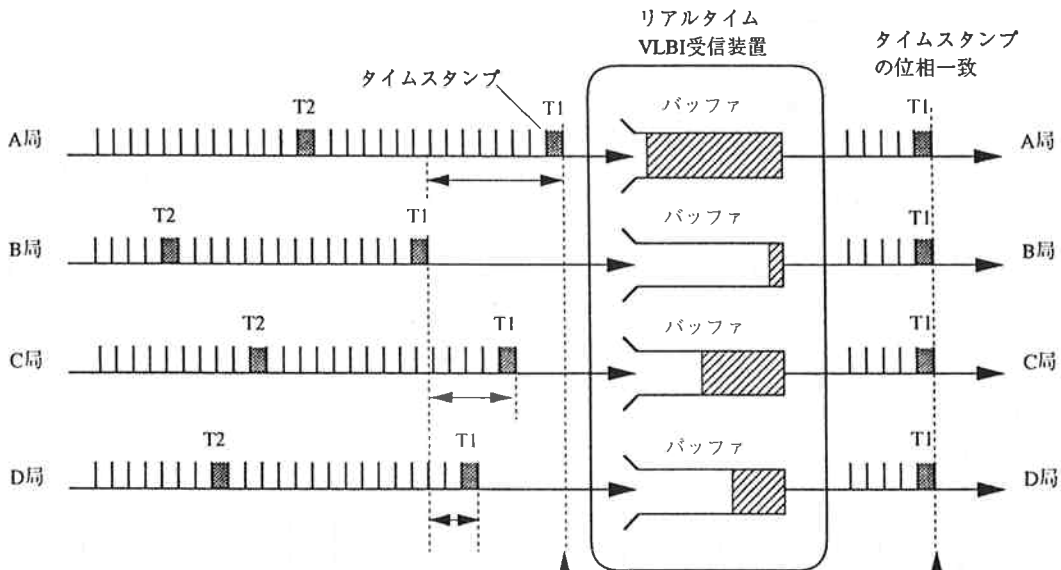
リアルタイム VLBI システムでは、各観測局から送出される信号の時刻同期を取るために、受信装置において相関局と各観測局との物理的な伝送路長差を吸収する必

要がある。

時刻同期の原理を第 5 図に示す。各観測局からの信号には一定間隔でタイムスタンプが挿入されている。各観測局と相関局との間の伝送路長はそれぞれ異なるため、伝送路遅延時間差が存在する。つまり、受信装置では、同一時刻 T1 に送出されたタイムスタンプの到着時刻が異なることになる。この伝送路遅延時間差を吸収するために、受信装置では、タイムスタンプが到着した時点からバッファに信号を蓄積し始める。従って、伝送路遅延の少ない近くの観測局からの信号はバッファに蓄積される時間が長くなる。一方、伝送路遅延の多い遠くの観測局からの信号は、バッファにほとんど蓄積されない。全ての観測局から時刻 T1 のタイムスタンプが到着したとき、バッファの読み出しを開始する。以上の原理により、全ての観測局のタイムスタンプを同期させて出力することが可能となる。時刻同期用バッファ量は、許容する伝送路遅延時間に応じて変動するため、リアルタイム VLBI 通信システムを適用する物理的な規模に応じて設計する必要がある。

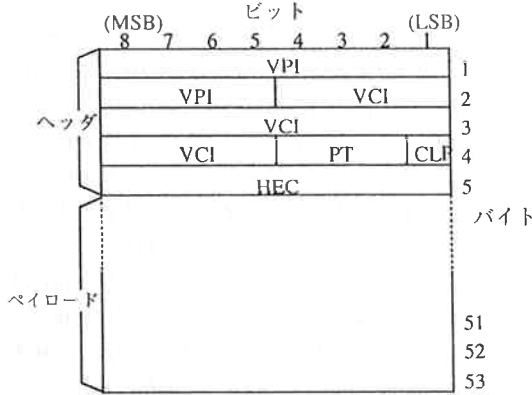
4. ATM のメリット

ATM は、セルと呼ばれる固定長のパケットにより情報を伝達する技術である。ATM セルフォーマットを第 6 図に示す。セルは、5 バイトのヘッダと 48 バイトのペ



- ・各観測局毎に異なる伝送路長のため、同一時刻のデータの到着時刻が異なる。
- ・バッファで伝送路遅延を吸収して、同一時刻のタイムスタンプを揃える。

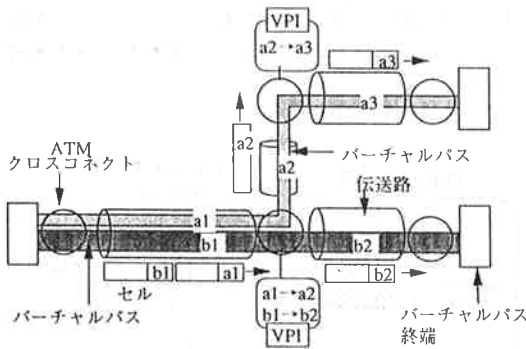
第 5 図 時刻同期の原理



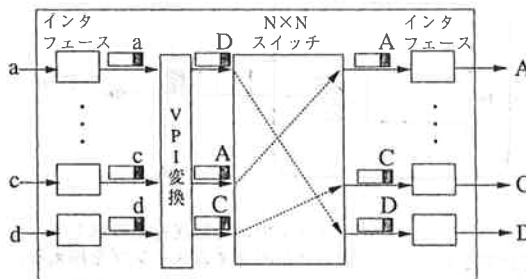
- ・バイトは1から順に送られる。
- ・各バイトの中のビットは8から順に送られる。
- ・それぞれのフィールドで最初に送られるビットがMSBである。

VPI : Virtual Path Identifier
 VCI : Virtual Channel Identifier
 PT : Payload Type
 CLP : Cell Loss Priority
 HEC : Header Error Control

第6図 セルフォーマット



第7図 仮想パスの概念



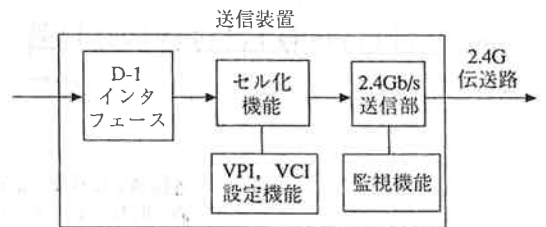
第8図 ATM クロスコネクタ装置

ロードの計53バイトで構成される。VPI (Virtual Path Identifier) は、仮想パス (VP : Virtual Path) の行き先を示すものである。1つの伝送路では約4000本の仮想パスが収容できる。仮想チャネル (VC : Virtual Channel) は、1つの仮想パスに6万本以上収容可能である。PT (Payload Type), CLP (Cell Loss Priority), HEC (Header Error Control) は、網内での制御に用いられる。

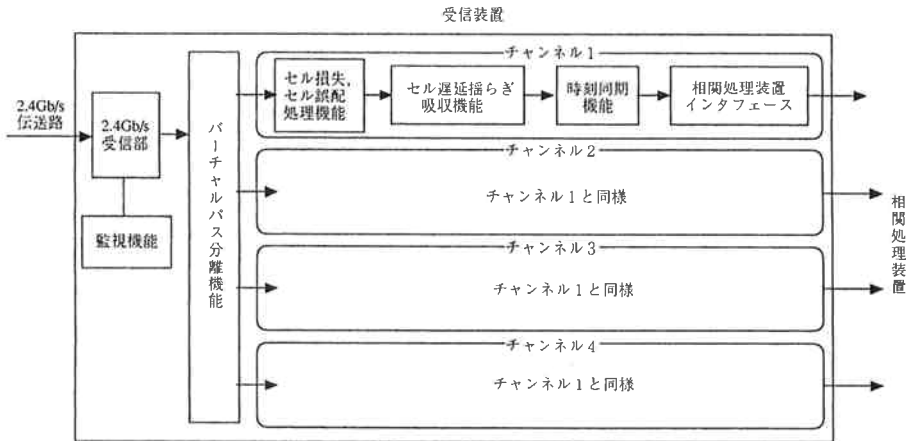
仮想パスの概念⁽¹⁾を第7図に示す。仮想パスの容量は、従来のデジタル通信のものとは異なり、任意の速度を選ぶことが可能である。例えば、始めは低いデータ速度で大まかな観測を行い、次に高いデータ速度で詳細な観測を行うような場合が考えられる。このとき、端末側は、最大使用速度内であれば観測のデータ速度を自由に変更することが可能である。また、ネットワーク側も、データ速度の変更に関して、なんら制御を行う必要はない。

ATM クロスコネクタ装置の例を第8図に示す。クロスコネクタ機能は、複数の伝送路を接続し、到着したセル毎にVPI変換機能において予め設定されたVPIに従って、所定の伝送路に振り分ける機能である。ATM クロスコネクタ装置では様々な速度を同一の伝送路に多重化することが可能である。リアルタイム VLBI システムの相関局のように複数の信号を1カ所に集めるような場合、クロスコネクタ装置を用いることにより、相関局では1つの伝送路で各観測局からの信号を受信することができる。

ATM 網では、セルレベルでの多重・分離を各装置で行うため、バッファでのキューイングにより受ける遅延量がセル毎に異なる。従って、網内ではセル間隔が保存されず、受信側の到着セル間隔は入力セル間隔に比べて揺らいだセル到着間隔となる。これをセル遅延ゆらぎと呼ぶ。セル遅延ゆらぎは、仮想パスが通過する装置数、伝送路速度、伝送路の収容率、トラフィック特性により変化する^{(2)~(5)}。リアルタイム VLBI 通信システムでは、上述のように発生したセル遅延ゆらぎを受信装置で吸収し、送信側と同じ等間隔のデータに戻してい



第9図 送信装置の機能ブロック構成



第10図 受信装置の機能ブロック構成

る。

5. 機能ブロック

リアルタイム VLBI 通信システムに用いた送信装置の機能ブロックを第9図に示す。また、受信装置の機能ブロックを第10図に示す。

送信装置の機能ブロック構成を信号の流れの順に説明する。D-1規格のインターフェース部で信号が入力される。D-1インターフェースでは、データ速度を検出して、自動的に対応する構成となっている。セル化機能では、デジタル信号をATMセルのペイロードにマッピングし、同時にセル損失・誤配検出信号を付加する。生成されたセルは、2.4Gb/sインターフェースから伝送路に出力される。

次に受信装置について説明する。2.4Gb/sインターフェース部で多重化された各観測局からの信号を受信する。バーチャルバス分離機能で各観測局毎の信号に分離する。セル損失・誤配処理機能でセル損失・誤配を検出し、セル損失があれば同数のビットで補完し、誤配があれば誤配セルの除去を行う。バッファでセル遅延ゆらぎを吸収してビット列に変換する。時刻同期機能において、各チャンネルのタイムスタンプが揃うように制御を行う。上記で示した機能により、相関処理時に重大な影響を与えるビットスリップの発生を観測中に起こらないように制御している。最後に、相関処理装置インターフェースでD-1規格インターフェースに変換して出力する。

送信装置、受信装置ともデータ速度の表示機能を設けている。さらに送信装置-受信装置でのデータ速度設定によるトラブルを防ぐ機能を具備している。また、ネッ

トワークの状態、装置状態を、LED表示により容易に確認することができる構成となっている。

6. むすび

本論文では、リアルタイム VLBI 通信システムの原理を述べ、そのメリットを示した。また、リアルタイム VLBI 通信システムの構成例を示し、実現のための主要機能である ATM セル化、時刻同期の原理を説明した。さらに、リアルタイム VLBI 通信を可能とした ATM 網について、主要な概念および機能について述べ、ATM のメリットを示した。最後に、リアルタイム VLBI 通信の送信装置および受信装置の機能ブロックを示し、装置の特長を述べた。

謝 辞

本研究を進めるに当たり御助言と御指導をいただいた NTT 光ネットワークシステム研究所伝送処理研究部鶴沢郁男部長、坪井利憲主幹研究員、NTT 通信網研究所ネットワークアーキテクチャ研究部原博之主幹研究員、魚瀬尚郎主任研究員、郵政省通信総合研究所標準計測研究室今江理人室長、時空技術研究室吉野泰造室長並びに通信総合研究所関係者各位に感謝します。

参 考 文 献

- (1) 佐藤健一, 太田 聡, 鶴沢郁男, “バーチャルバスの概念を用いた広帯域統合伝達網の構成”, 信学論 B-I, J72-B-I, 11, pp.906-916, Nov.1989.
- (2) 佐藤陽一, 佐藤健一, “多段ノード待合わせ系の遅延解析”, 信学論 B, J71-B, 6, pp.669-677, Jun.1988.
- (3) 佐藤陽一, 中川健治, 山中直明, 佐藤健一, “ATM

- 網における CBR パスの収容設計法”, 通信方式研究会, CS 91-4, pp.19-24, May. 1991.
- (4) 上松 仁, 上田裕巳, “ATM 技術による SDH 信号伝達方式における遅延ゆらぎ吸収法”, 信学論 B-I, J 76-B-I, 1, pp.48-59, Jan. 1993.
- (5) 上田裕巳, 上松 仁, “ATM 技術による SDH 信号伝達方式”, 信学論 B-1, J 76-B-I, 2, pp.150-161, Feb. 1993.
- 