

# eVLBIの標準データ伝送プロトコル VTP(VLBI Data Transport Protocol)の仕様概要

Mamoru Sekido<sup>(1)</sup>, Chris Phillips<sup>(2)</sup>, Mark Kettenis<sup>(3)</sup>, Alan Whitney<sup>(4)</sup>

(1)NICT/Kashima,Japan, (2)CSIRO/ATNF, Australia,(3)JIVE,Netherland, (4)MIT/Haystack, USA

## 1 データフォーマットの標準化

複数の電波望遠鏡の共同観測により成り立つ VLBI 観測では、各観測所で取得されたデータの互換性が極めて重要である。しかしながら歴史的経緯により、欧州・米国では Haystack/MIT が開発した Mark3/4/5/6 が、日本では NICT が開発した K4/5 と天文台の VSOP-T が、オーストラリアでは S2 と LBADR(Long Baseline Array Disk Recorder) が使用され、相互の互換性改善が懸案であった。計算機技術の発展によって汎用計算機(PC)による VLBI データの取り扱いが可能となり、大容量の VLBI データをネットワーク伝送する eVLBI 時代を迎えて、データの記録媒体は HDD となり、データフォーマットの標準化によるがこれまでよりはるかに容易になりつつある。2008 年上海で開催された eVLBI ワークショップでは、国際的な VLBI 標準フォーマットの制定が議題に上り、具体的なフォーマットを定めるため、世界の主な VLBI システムの開発機関の代表をメンバーとする Task Force が組織された。この Task Force により検討された VLBI の標準フォーマットは VDIF(VLBI Data Interchange Format)(図 1) として、2009 年の eVLBI ワークショップで国際 VLBI コミュニティに承認され [2]、これにより少なくともファイルベースでのデータ互換性が確保されることとなった。現在、各機関で開発されている VLBI 観測システムには VDIF 形式のデータ取得が導入されつつある。

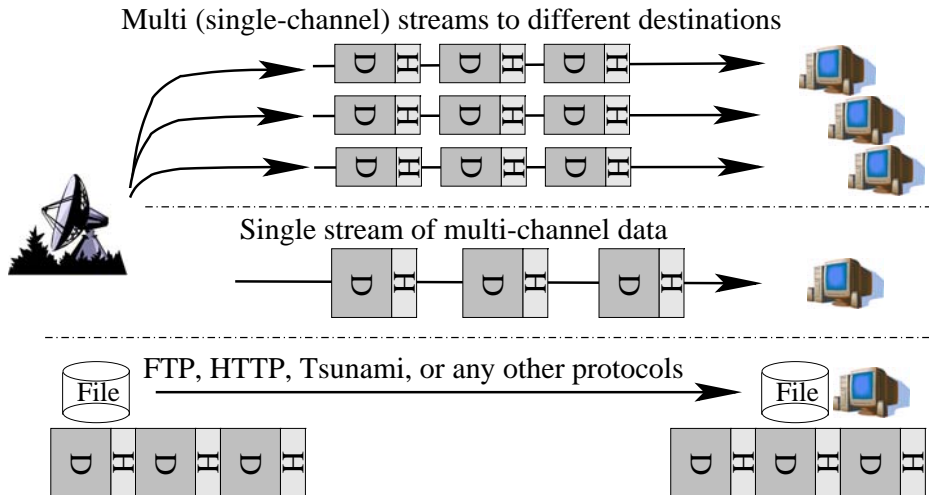


図 1: VDIF の使用例。VDIF のデータ形式は、VLBI データをファイルに記録して共同観測する場合はもちろん、通信ネットワークを通してリアルタイムにデータを伝送し、遠隔記録やリアルタイム相関処理を行うことも念頭に設計されている。VLBI 標準のファイル形式として使用するほか、ネットワーク伝送の際のパケット化に適した任意のフレームサイズを使用できる。

## 2 VLBI データ伝送プロトコルの必要性

図 2 に、VDIF がネットワーク伝送される際の 3 つのデータ伝送方式を OSI 参照モデルの中で示している。このうち、(1)「ファイル転送」では汎用のファイル転送ソフトによりデータ伝送がなされるのでここでの議論の対象外である。(2)「TCP/IP」による伝送も、プロトコルに内蔵のフロー制御やパケットロスの回復などの機能によりオリジナルのデータが確実に宛先に伝送されるので、ユーザは特別なプロトコルを必要としない。但し、長距離の TCP/IP 伝送では、一般に伝送距離の遅延に反比例してデータレートが低下する。比較的大きなエラーレート ( $\leq 10^{-2}$  1.e-2) を許容し、一定のデータレートでデータが生成される VLBI 観測データを遠隔地にリアルタイム伝送する場合には (3) UDP/IP による伝送が最も適している。しかし UDP の場合は送信したパケットが受信側に確実に届く保証はなく、パケットロスや送受信レートの制御などはユーザに任せられる。UDP はネットワークの輻輳状況と関係なく所望のレートで送信側からパケットを送出できるため、共用の IP ネットワークでこのような送信を行うと輻輳状態のネットワークの混雑を悪化させ、他のネットワーク通信を妨害する可能性がある。このため共用回線において UDP/IP で VLBI データを伝送するためには、伝送プロトコルを定める必要がある。

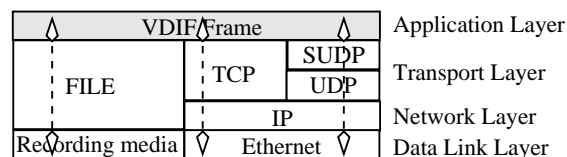


図 2: ネットワークレイヤーモデルの中での VDIF と VTP の位置。VDIF はデータファイルとしてだけでなく、ネットワーク伝送を念頭にパケット伝送しやすいように設計されたフォーマットである。ネットワーク伝送には主に (1) ファイル転送、(2) TCP/IP による転送、(3) UDP による転送があるが、(1),(2) の場合には下位のレイヤーがデータの完全性を保証するので、VDIF をそのまま伝送すればよい。(3) の場合には、パケットロスの監視などの機能をもつプロトコル (VTP) をユーザが定義する必要がある。

## 3 VTP (VDIF Transport Protocol) 案の概要

標準フォーマット VDIF を検討した TaskForce にネットワークの専門家である R. Hughes-Jones を加えたメンバーにより、標準となる VDIF の伝送プロトコル VTP の検討が進められている。そのプロトコルの主要なポイントは以下の 2 点である。

1. 64bit カウンタのヘッダ部 VTP のデータフレームは、ヘッダ部として VDIF に 64bit のカウンタをつけ、これを使ってパケットロスや受信データレートの計測を行う。受信後にはヘッダ部は除かれ VDIF データ部分が記録される。

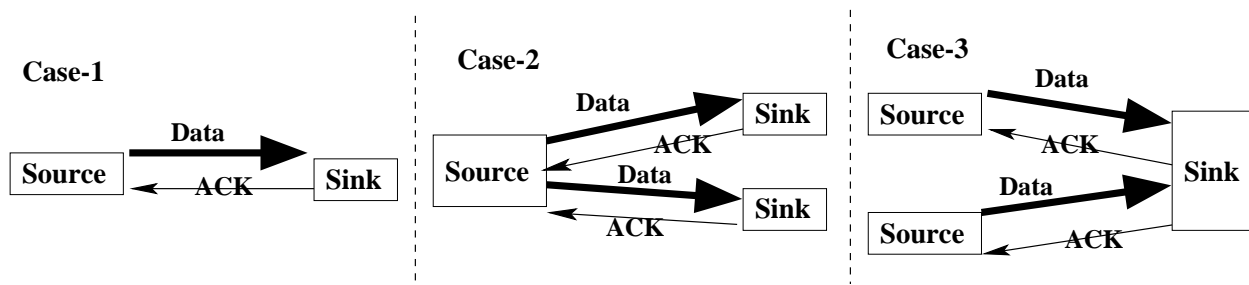


図 3: VTP の想定している 3 つの使用例を示している。Case-1 は 1 対 1 の伝送、Case-2 は分散相関処理など、複数の宛先への伝送。Case-3 は相関処理局から見た複数の送信元のデータを受信する場合に対応御する。Source: サンプラや記録装置などデータ送信側、Sink: 記録装置や相関器などデータの受信側。

2. 受信 ACK メッセージの返信 (推奨) これにより 2 つの機能が実現される。その一つは flooding<sup>1</sup> の防止であり、2 つ目は送信側へ受信状況をフィードバックすることである。これにより送信側は受信側への到達レートやパケットロス率を知ることができ、フローコントロールや輻輳を避けるために送信側で VDIF のストリーム送信を停止するなどの機能が実現できる。

## 4 VDIF を使った eVLBI の実用化

NICT では、VDIF を形式のデータを UDP/IP のパケットに載せて高速伝送する独自プロトコルを実装したソフトウェア [3] を開発し、UT1-UTC の迅速な計測を目的とする Wettzell-Tsukuba 間の INT2 観測において定常的に使われている。今後オーストラリアまたはニュージーランドとの南北基線も加えた地球回転パラメータ観測が計画されており、VDIF/VTP を実装したリアルタイム VLBI ソフトウェアの開発を進めていく。

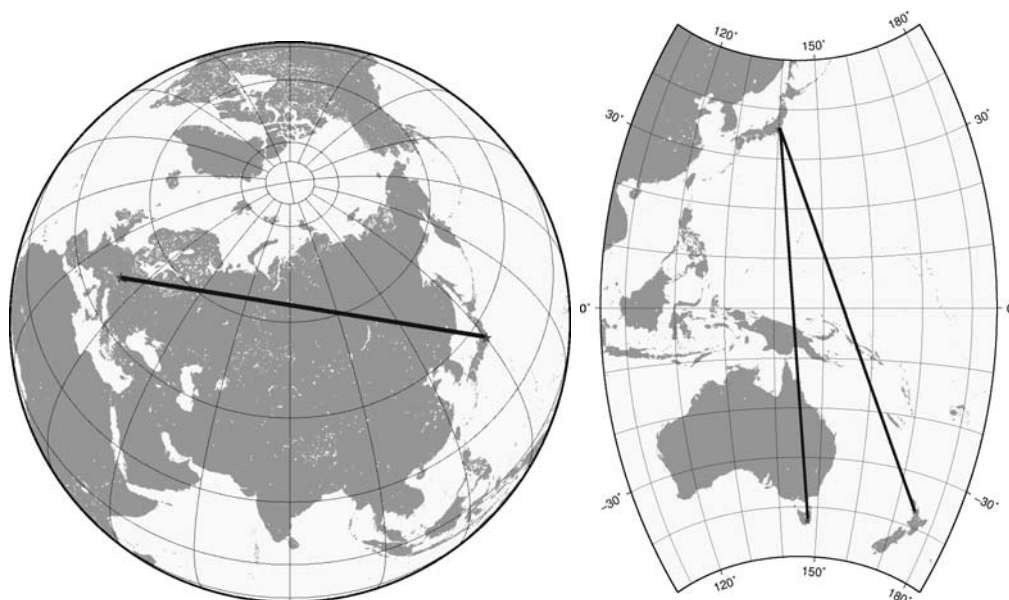


図 4: e-VLBI による Wettzell-Tsukuba 基線と Tsukuba -豪州基線の EOP(UT1,Wobble) 計測計画

## 参考文献

- [1] VLBI Technology Development at MIT Haystack Observatory, <http://www.haystack.mit.edu/tech/vlbi/index.html>
- [2] Mark Kettenis, Chris Phillips, Mamoru Sekido, Alan Whitney, “VLBI Data Interchange Format (VDIF) Specification”, Release 1.0 Ratified 26 June 2009. Madrid, Spain. <http://www.vlbi.org/vdif/docs/VDIF%20specification%20Release%201.0%20ratified.pdf>
- [3] M.Sekido et al., “Development of an e-VLBI Data Transport Software Suite with VDIF”, IVS 2010 General Meeting Proceedings, p.410-414, 2010.

<sup>1</sup>ネットワークスイッチ (以下「スイッチ」と呼ぶ) はハードウェアアドレスである MAC アドレスを目当てにパケットの配送を行う。当初スイッチは自分の配下にどのようなハードウェアが接続されているかを知らないため上流からのパケットを全てのポートにコピー配信し、ポートから返事があった場合にそのポートにハードウェアアドレスがあることを記憶する。UDP では返信パケットを必要とせず、上流への返信がなければスイッチはあて先の MAC アドレスがどのポートに接続されているか知ることが出来ないため、上流からの UDP のストリームを下流の全てのポートにコピー配信し続ける。これが flooding であり、他のネットワーク通信が阻害される。