

インターネットVLBI試験観測装置の開発

インターネットプロトコルを使用したVLBIシステムの提案

近藤哲朗、小山泰弘、中島潤一、関戸 衛

通信総合研究所

概要

通信総合研究所では首都圏広域地殻変動観測計画(KSP)のVLBI観測においてATM方式の実時間VLBIシステムをNTTと共同で開発した。この実時間VLBIシステムはKSP定常観測に使用され、観測精度改善に貢献した。この実時間VLBIシステムの汎用化を図るためにインターネットプロトコル(IP)を使用した実時間VLBIシステムを提案する。IP方式はATM方式に比べて、ネットワーク利用コストの低コスト化、接続先の拡大化を図ることができる。また、すでにあるIP技術を有効に利用することができ、VLBI観測データの分散処理システムの構築が容易となる。

1. はじめに

VLBI観測データ(256Mbps)をATM(Asynchronous Transfer Mode)網に送出し、実時間に4局からの信号を相関処理する実時間VLBIシステムは、すでに首都圏広域地殻変動観測システム(KSP)においてNTTと共同で開発が行われ、飛躍的な観測精度向上に貢献した[Kiuchi et al., 1999; Kondo et al., 1998 など]。

KSPで成功を納めた実時間VLBI技術の普及を図るために、データをインターネットプロトコル(IP)を使用してネットワークに送出する実時間VLBIシステムを提案する。IP方式はATM方式に比べて、ネットワーク利用コストの低コスト化、接続先の拡大化が期待できる。また、すでにあるIP技術を有効に利用することができ、VLBI観測データの分散処理システムの構築が容易となると考えられる。

2. 実時間VLBI技術の長所と短所

実時間VLBIは、観測の成否がすぐに判明するという長所の他、テープ媒体への記録を行わないことによる信頼性の向上(テープ媒体自体の問題や、レコーダ機構系のトラブルの影響を受けなくなる)、観測時間の制限からの解放、単位時間あたりの観測数の増加を図ることができるという長所があり、これらは観測精度改善へと結びついていった。しかしながら、こうした長所だけではなく、再相関処理が不可能であるという短所もある。また、ATM方式の場合、現時点では回線費が高価であり、ネットワーク接続先が限定される。

再相関処理が不可能という点は、実時間VLBIの場合、再観測がすぐに実行できる点を考えると、致命的な欠点とは言えないだろう。それ以外の短所は、今日の通信網の驚異的スピードでのインフラ整備の現実から考慮すると、いずれ解決される問題かもしれない。ATMは本来、高速の実時間処理に向いており、高速通信回線を利用した実時間VLBIの実現を考

えた場合、最も素直なアプローチであった。今後更なる高速化が期待でき、レコーダではもはや記録不可能な広帯域観測の可能性(すなわち高感度化につながる)が広がる。一方、現在、非常に普及し、高速化への発展が著しいインターネットプロトコル(IP)方式を使用した実時間VLBI技術を開発しておくことは、VLBI技術の普及に大いに役立つものと期待される。その背景には、測地VLBIの場合、ハードウェアとしての精度は、水蒸気等の遅延の影響から来る誤差より高精度であり[Kondo et al., 1998]、現状の16ch × 16Mbps (=256Mbps) のデータ転送容量が確保できれば良いという事情がある。

したがって、実時間VLBI技術の将来への発展を考える場合、ATM方式は主として天文応用、IP方式は主として測地応用と考えることもできる(図1)。

3 . IP方式実時間VLBIの提案

IP方式VLBIとは図2に示されるようにネットワークデータ転送を階層構造に分けた場合には、インターネットプロトコルでのVLBIデータ伝送を言い、VLBI over IPと表現できる。ATM方式VLBIとは、階層構造の一番下部である物理層プロトコルのATMにVLBIデータを載せるもので、VLBI over ATMと表現できる。IP方式VLBIでは、実際の物理層プロトコルは、ATMでも良く、Ethernetでも良く、その方式は選ばない。IPでのデータ伝送としては、ファイル転送に使われるftpがあるが、実時間データ転送ではないため、オフライン的なフリンジテスト用途の使用に限定される。将来、大容量マスストレージおよび、高速転送が実用化されたときは、例えば1日のVLBI観測オフライン処理に使用できるようになるかもしれないが、ここでは、実時間データ転送をIPによって実現するVLBIをIP方式実時間VLBIと呼ぶことにする。

実時間VLBI技術の今後

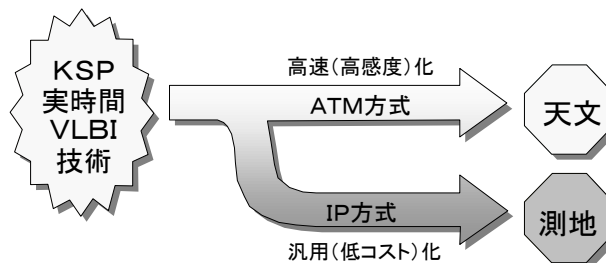


図1 . 実時間 VLBI 技術の今後

TCP/IPプロトコルアーキテクチャ

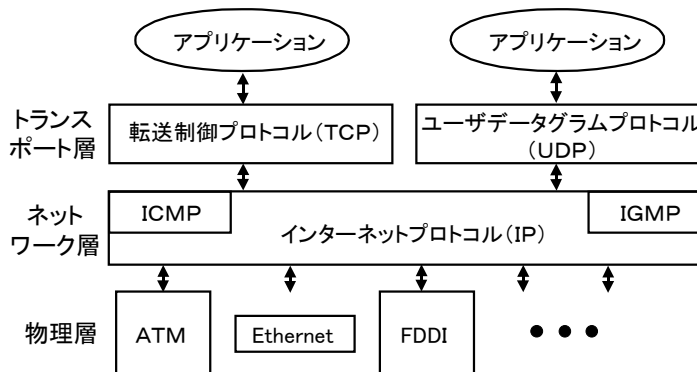


図2 . TCP/IP プロトコルアーキテクチャ

実時間データをIPに載せる方式としてはすでにReal Audio等の名称で知られる技術がある。ftpファイル転送のように信頼性が要求される場合にはTCP (Transmission Control Protocol) が使用されるがこのプロトコルのオーバーヘッドが大きく、ストリーミングデータ処理には不向きである。そこで、ストリーミングデータ転送にはオーバーヘッドの小さいUDP (User Datagram Protocol) が使われるが、このプロトコルではパケットの到着の保証がされていない。Real Audio技術では音声圧縮技術とバッファメモリでの到着遅延のバラツキを吸収して8kbps の低速度でもAM放送程度の音質での安定したオーディオデータの転送 (再生) を実現している。

VLBIデータは圧縮不可能なデータであり圧縮技術は使えないため、実時間伝送を目指す限り、データレートに応じた帯域 (回線スピード) が確保されなければならない。この点に関しては情報通信分野における近年の著しい進歩を見ると、IP高速化に関して楽観的な期待が抱ける。

VLBIデータを測地VLBIの一般的な方法である多チャンネルデータと扱うか、それとも単なる高速デジタルデータ列であると扱うかによって、IP方式VLBIとして (1) 多チャンネル並列方式 (2) 超高速デジタルデータ伝送方式、が考えられる。

3.1 多チャンネル並列方式

1チャンネルについてその仕組みを作り上げることにより、多チャンネルVLBIシステムへの発展を目指す方式であり、現在の測地VLBIシステムの実時間化に適した方式と言える (図3)。現在、測地VLBIの最高精度を達成している方式は、16ch × 8MHz帯域方式である。1ビットサンプリング後のデータレートは16Mbps / chであり、トータル256Mbpsである。したがって、16Mbpsのデジタル信号をIPで送る仕組みができれば、後はインターネット基盤の整備を待つことにより、16ch化への拡張が容易である。また、チャンネル毎の分散処理も容易である。

3.2 超高速デジタルデータ伝送方式

ATM方式実時間VLBIシステムの高速度デジタル信号伝送部をIP方式に載せるものであり、現在技術開発が進んでいる高品位TVなどの大容量デジタルコンテンツのIP伝送技術が利用でき、実現には一番近い方法である (図4)。

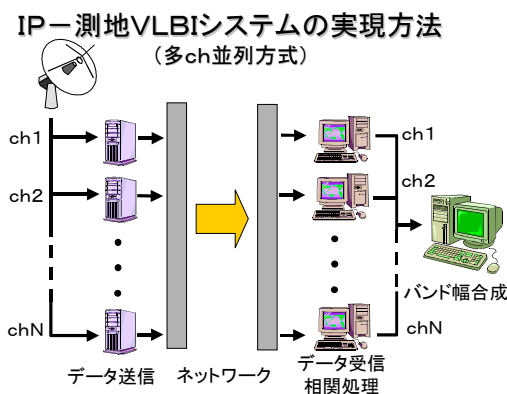


図3. 多チャンネル並列方式

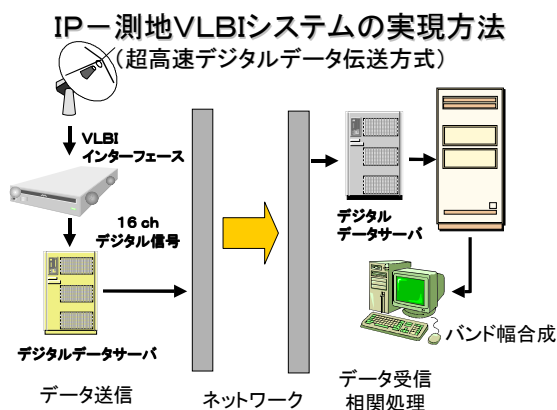


図4. 超高速デジタルデータ伝送方式

4. おわりに

現在、GPSを利用した測地学や応用分野の発展には目を見張るべきものがある。これは、比較的安価なシステムで研究をスタートできるという点によると考えられる。そのため大学において、多くの若手研究者を確保できた。一方、VLBIは未だに高価なシステムであり、一部の大学を除いては、学生がVLBIを直接の研究道具とすることが難しい。しかし、インターネットVLBI技術により、例えば、図5のように大きなアンテナで受信した信号をマルチキャストし、大学では小さな口径のアンテナで、必要なデータだけを自局のアンテナの信号と相関処理を行う、という仕組みができるならば、小さなアンテナでVLBIが可能となる。周波数標準に関する問題を片づけなくてはならないが、少なくとも高価なレコーダシステムは不要となり、その分安価なVLBIシステムとなる。周波数標準に関しては、8GHzにおいて100秒程度の積分までは、GPSを利用した安価な周波数標準が使用可能であり、天文目的のVLBI普及に役立つかもしれない。

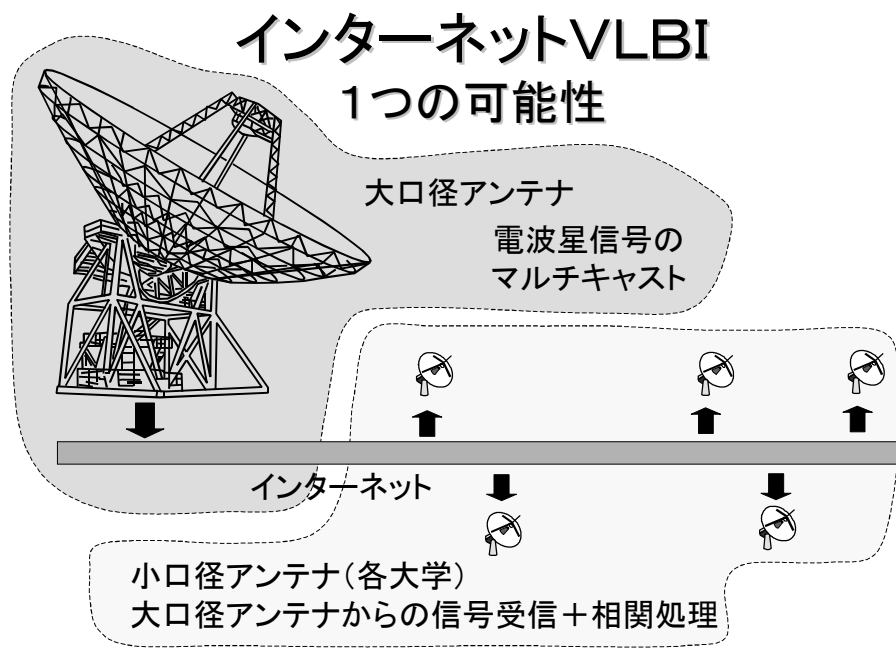


図5. インターネットVLBI、一つの可能性。

参考文献

Kiuchi, H., T. Kondo, M. Sekido, Y. Koyama, M. Imae, T. Hoshino, and H. Uose, Real-time VLBI system, Real-time VLBI data transfer and correlation system, J. Commun. Res. Lab., Vol.46, No.1, 00.83-89, 1999.

Kondo, T., N. Kurihara, Y. Koyama, M. Sekido, R. Ichikawa, T. Yoshino, J. Amagai, K. Sebata, M. Furuya, Y. Takahashi, H. Kiuchi, and A. Kaneko, Evaluation of repeatability of baseline lengths in the VLBI network around the Tokyo metropolitan area, Geophys. Res. Lett., Vol.25, No.7, pp.1047-1050, 1998.