

光パラレルシリアルデータ変換装置完成と VLBI機器の国際標準インターフェース(VSI)への対応方針

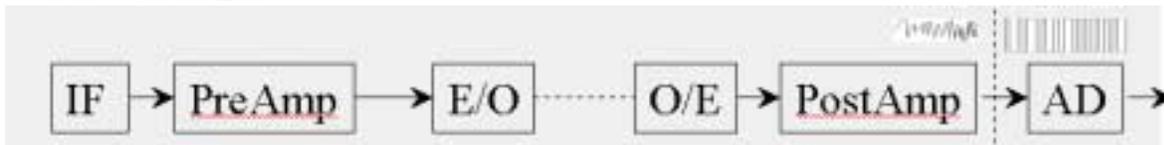
中島潤一、小山泰弘、関戸衛、近藤哲朗
CRL宇宙電波応用研究室

Abstract

VLBIにおいて記録するデジタルデータは現在では64Mbps~1024Mbpsまで各種あるが、メタル接続においていずれも並列化され特定のクロックレートで伝送されている。これらデータは伝送長によって急速に信号の誤りが増加する可能性があり、RF信号のようにアンプを入れて伝送長を伸ばすことが簡単ではない。我々はデジタルデータを光シリアル信号に変換して長距離伝送する“光パラレルシリアルデータ変換装置”を完成、伝送実験に成功した。一旦デジタル化されてしまうと、信号は位相変動などのアナログ的影響は受けないので、今後このような装置によって電波望遠鏡内のデータ転送のデジタル化が進むことが予想される。またパラレル伝送について、世界のVLBIシステムの間ではまだ互換性がないが、VSI(VLBI Standard Interface)として統一方向であるので、本装置はこれに準拠したものを旨とした。

1. パラレルシリアル伝送装置の使い方と機能

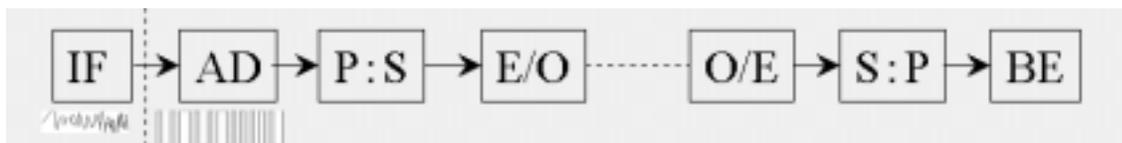
1.1 現在の電波望遠鏡



(図1. RFの光伝送を行っている電波望遠鏡)

これまでの電波望遠鏡における世界共通の伝送方式はRFアナログ信号である。電波天文、VLBIで用いる周波数はマイクロ波~ミリ波と非常に高いので、そのまま伝送されてくることは稀で、たいていIFと呼ばれる中間周波数で提供される。システムによりIFは異なるが、“コンベンショナルIF”と呼んでいる100-600MHz、“オクターブIF”と呼び回路設計の容易な500-1000MHz、また国立天文台を中心に広まった“CバンドIF”と呼ばれる5-7GHzのIFなどがある。目的受信周波数帯は所要のローカル発振器でこれらIF帯に変換され、後に続くバックエンドシステムにてデジタル化されている。これらいずれのIFもアナログ光伝送が可能な周波数であり、良く見かけられるORTELのE/O(電気/光変換装置)、O/E(光/電気変換装置)などで長距離伝送がなされている。一旦光に変換してしまえば、同軸ケーブルで受けるような高周波側の急激な伝送ロス増加などは受けない。(図1)のようなシステムではAD変換は観測室内で行っているためこのようなRFインターフェースは、いかなるバックエンド(BE)に対しても対応可能成を持っている。しかし伝送線路はあくまでもアナログで可変長であり、光に変換してまだ電気変換におけるプリアンプとポストアンプで、のべ+50dB程度のIFのブーストが必要なので、温度変化による影響が存在する。

1.2 パラレルシリアル伝送を用いた電波望遠鏡



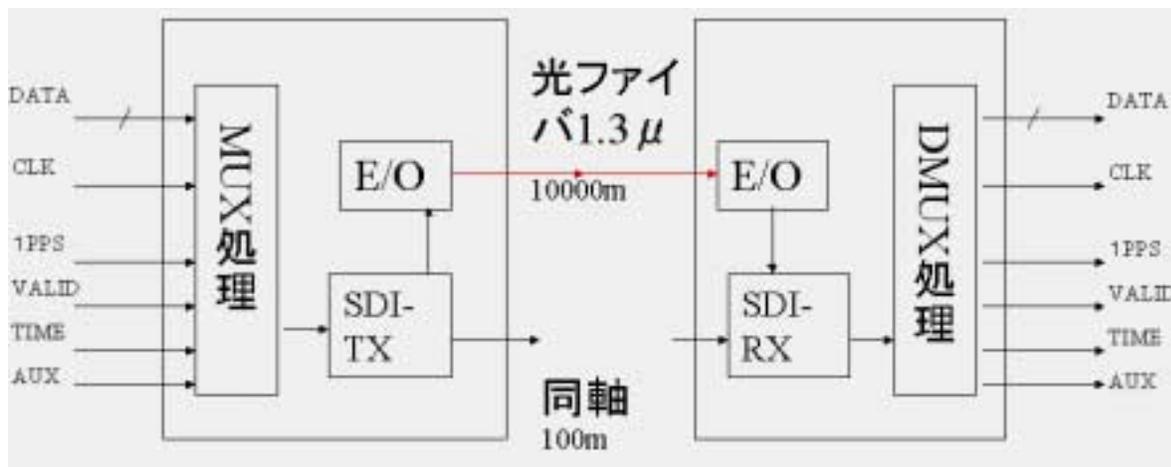
(図2. デジタル伝送系された電波望遠鏡のIF。P:S,S:Pはパラレルシリアル化、シリアルパラレル化を意味)

望遠鏡内のデータ伝送がデジタル化された場合、簡便なモニタと当面の汎用性という面を除いてはアナログ伝送の利点は無くなる。常設バックエンドの AD サンプラは受信機直近に設置することが望ましい。デジタルデータは RF 分配ほど汎用性が無く AD における量子化レベル、伝送速度もアプリケーションによって要求が異なる。これら問題は 100Gbps 程度の伝送と超高速のサンプラがあらゆる観測モード要求を包括するような時代が来るまで簡単には解決しないので、当面は VLBI 目的用途を中心に周辺ニーズを満たす伝送を行うことになると思う。

2. 伝送装置の実用化

2.1 高性能な汎用インターフェース技術を応用した伝送方法の実現

我々は現在利用可能な技術を用いて最大 1024Mbps のデータを伝送する装置 (SPO-1152TX/RX)を開発した。本装置は 1.5Mbps の能力がある HDTV 用デジタルシリアル伝送規格 SDI (Serial Digital Interface) を用い VLBI 用の 1024Mbps データを伝送するものである。SDI は HD 機器において将来的にも安定供給されることが期待される伝送 LSI (モジュール) であるから、本来特殊で高価なパラシリ伝送 LSI 使用のリスクを低減できる。



(図3. SPO シリアル化伝送装置の構成説明、光ファイバ及び同軸何れも使用することができる)

装置の構成は図3に示すようなものであり、データクロックとデータは MUX (実際には SDI 伝送のデジタルフレーム) 化されたのち伝送される。このとき 1PPS、VALID、時刻コードなど将来的に VSI で必要とされるデータ線も併せて伝送されるようになっている。同軸または光ファイバで伝送、受信側で DMUX 復元され、まったく透過的にデータが現れる。光ファイバで 10Km 程度、同軸で 100m 程度が伝送可能である。光ファイバは波長 1.3 μ を用いているので、望遠鏡内で用いられているアナログ光伝送の光ファイバに直接接続することができ、直ちに(図2)に示したような使用方法へ移行できる。

2.2 相関処理を用いた伝送実験。

我々は今回製作した伝送装置を HD 機器画像評価用の試験装置を用いて伝送エラーレートを調査したが、いずれも測定限界以下であった。また同軸ケーブルにアッテネータを入れた場合は -30dB でリンクが成立しなくなるが、ケーブルを用いた場合は 100m 程度が安全な使用範囲となるであろう。光ファイバ伝送については今回 100m 巻のものを準備し、相関処理のデータ伝送系の中に配置することにより真の 1024Mbps 伝送が行われるように試験を行った。この結果伝送装置を用いなかった場合と全く同じ相関振幅のフリッジが伝送遅延時間 200 μ sec 分だけずれたところに検出され、伝送に成功した。200 μ sec という遅延量はそのほとんど全てが、MUX/DMUX デジタル処理による時間である。これが単純にクロックオフセットに繰り込まれる場合大きな量であるが、VSI に準拠した伝送では水素メーザ 1PPS 信号がデータに伴随しているので、記録後には考慮しなくて良い。これらのことが実際に確認されたので本実験は VSI 対応化の実験としても位置付けられる。



(図 4. 関連処理系に伝送装置を組み込んでおこなった関連処理。機器上のドラムが光ファイバ)

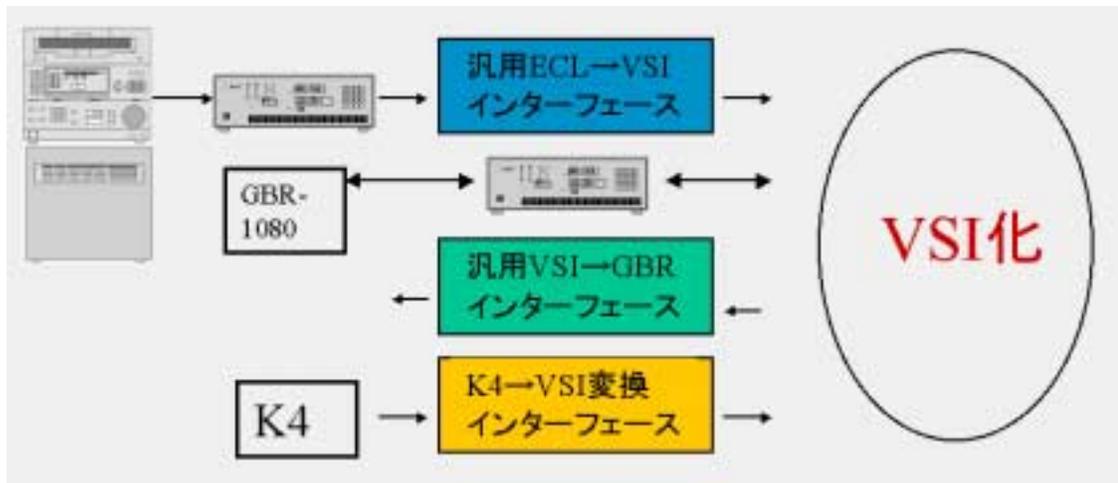
3. 既存機器の VSI (VLBI Standard Interface) 対応化

VSI は主にデジタルデータの並列度とクロック速度、関連信号を統合するところに大きな意義があるが、これまで VLBI コミュニティが長らく使用してきた ECL 信号レベルから LVDS 信号レベルに移行することも大きなポイントとなる。既存の機器を有効に使用するべく CRL では(図5)に示したような変換インターフェースの開発を行う。また VSI に対応したサンプラー(ギガビット級 1/2ch のもの、製造中止とされた DFC2000 相当)も製作を検討している。

4. まとめと今後

パラシリ化による1G-bit伝送が完成、ギガビット関連処理を通じて成功を確認した。今後はこの装置を用いて鹿島34m-26m間での干渉実験、また実際にADコンバータを受信機直近に設置した実験などを行う予定である。

現在は広帯域な望遠鏡内においてもアナログ伝送からデジタル伝送への移行が始まる維新である。デジタル伝送方法の選定はシステムの使い勝手を大幅に変えるので、他のアプリケーションを含めて検討を要する部分である。パラレル伝送部分ではVSIによる世界標準化が間近であり、これに整合したシステム作りを検討することが好ましい。



(図 5. 既存 VLBI 機器の VSI 予定)