

ギガビット関連処理システム開発状況

関戸 衛、中島潤一、小山泰弘、近藤哲朗（郵政省通信総合研究所）
木村守孝（東京大学 理学部）、川口則幸（国立天文台）

概要

通信総合研究所が国立天文台と共同で開発しているギガビット VLBI システムは、2000 年 1 月に岐阜大学の 3 m アンテナと鹿島 3.4 m アンテナの間で初の測地 VLBI 実験を目標に調整が進められている。このギガビット VLBI の関連処理システムの開発状況について報告する。

1. はじめに

通信総合研究所は国立天文台と共同で次世代の VLBI 観測装置である、ギガビット VLBI システムの開発を行っている(Nakajima et al., 1997)。ギガビット VLBI システムは、従来の VLBI システムの最高データ収集能力(256Mbps)を 4 倍の 1024Mbps にまで引き上げ、VLBI の検出感度を 2 倍に高めることができる。これまで欧米で開発されている Mark - IV 型 VLBI システムに先駆け、世界で初めてギガビットの VLBI システムを使ってのフリンジ検出に成功した (Sekido et al, 1999; 中島 他, 1999; 木村 他 a, 1999)。次の目標として、ギガビット VLBI システムの本格的測地応用を実証するため、2000 年 1 月に岐阜大学の 3 m アンテナと鹿島 3.4 m アンテナの間で、世界初のギガビット VLBI システムによる測地 VLBI 実験を実施した。本報告は、この計画へ向けて整備を進めているギガビット VLBI 関連処理システムの開発状況について報告する。

2. ハードウェア

図 1 にギガビット VLBI システムの、データ収集系、関連処理系に必要な装置類を示す。サンプラー等のデータ収集系のハードウェアでは、サンプラのクロック飛び等のバグがやや残っており、現在中島を中心に対策の検討が進められている。関連処理系のハードウェアについては、現在のところ大きな問題はなく、安定してきている。

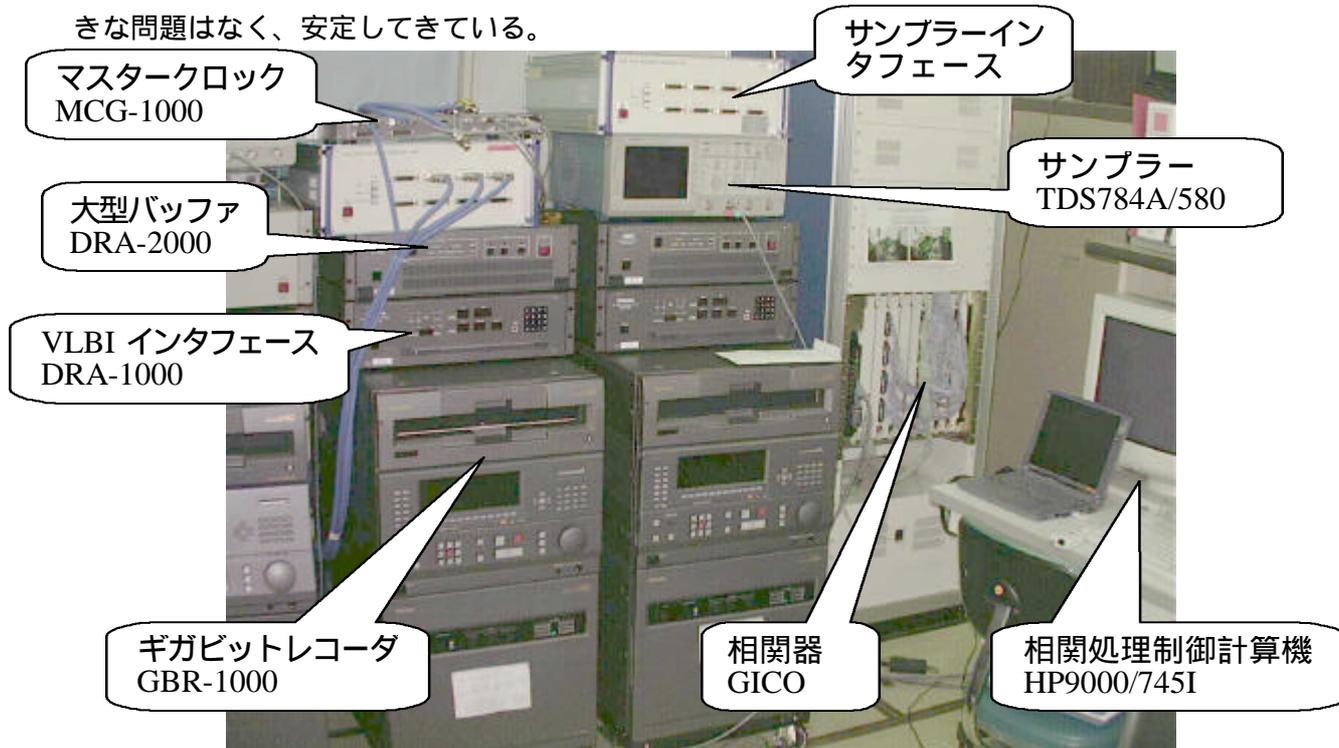


図 1 ギガビット VLBI システム の装置類

表 1 ギガビット VLBI システムで使用する装置

名称	観測	相関処理	機能説明
GBR-1000			ギガビットデータレコーダ
DRA-1000			レコーダ制御インタフェース
TDS784A/580		-	サンプラー(最大 1Gbps×2bit×4ch)
サンプラインタフェース		-	サンプラー -> DRA-1000 インタフェース
DRA-2000			相関処理ディレイ吸収大型バッファ
GICO	-		ギガビット相関器
MCG-1000	-		マスタークロック

ハードウェアの開発状況については、1999 秋の天文学会等(木村 他 b, 1999, 中島 他, 1999)でも報告されており今回詳細は割愛して、VLBI 観測と相関処理に必要な装置を表 1 に示す。

2. 相関処理制御ソフトウェア

レコーダの調走同期及び相関器 GICO の制御により、ギガビットの相関処理を行うためのソフトウェア/コマンドは、沖電気と通信総合研究所の共同で paramgen、gicoctrl、qlook が既に開発されている。しかし、これらはコマンドレベルで多数のオプションをつけて実行する必要があり、このままでは測地実験のような多数回の相関処理を行うには不便である。操作の簡便性と作業高率をあげるため、perl/Tk を使って GUI ベースで連続的な相関処理を可能にするソフトウェアを開発した(図 2)。perl はスクリプト言語でありメンテナンス性に優れている上、Tk モジュールの豊富な GUI コンポーネントを組み合わせ、面倒な GUI ソフトの開発を短期間で行うことができる。その他、FRINGE 検出のモニターを行うソフトウェアなど種々のツールを整備している。表 2 にその主なものを挙げる。

Baseline	X	KASHIM11	Y	KOGANEI	
PP:	1	BaseID:	RG		
Lo Freq:	8.100e+09	Hz	Side band:	U SB	
Band Width:	5.12e+08	Hz			
ERP:	XWOB	YWOB	UT1-UTC		
	0.014970	0.382140	0.451603		
Clock Parameter					
Station	Offset	adj.(us)	Rate	adj.(ps/s)	Epoch
KASHIM11	+0.00000	9.19400	+4.32500	0.00000	1999292040000
KOGANEI	+0.00000	0.18800	+0.03000	0.00000	1999292094200
Correlation Option				<input checked="" type="checkbox"/> Baseband	
Fringe Rotation				<input type="checkbox"/> Bandcenter	
OK			CANCEL		

図 2 Perl/Tk を使った相関処理制御ソフトウェア gvcc.pl の操作画面例

表 2 相関処理ソフトウェア群

ソフトウェア名	製作	機能
paramgen	沖電気 / 通総研	遅延予測値モデルの計算、及び相関器ハードウェアパラメータの計算
gicoctrl	沖電気	GICO, DRA-1000, DRA-2000 等を制御して相関処理を単発実行
qlook	沖電気	相関結果のフリッジ表示
gvcc.pl	通総研	paramgen, gicoctrl を GUI から起動・制御するマンマシンインタフェース
grmon	通総研	相関出力結果の内容表示
gortx	通総研	相関結果のフリッジ表示
gfine	通総研	相関結果から群遅延、遅延変化率、相関振幅、相関位相などを算出、表示する。
gpib_write	木村守孝	任意の GPIB アドレスの装置に任意の文字列を送る。
gpib_read	木村守孝	任意の GPIB アドレスの装置から文字列を受け取る。
read_dra2000	木村守孝	任意の時刻から始まる生データを任意のサイズ分だけ PC に読み込む。ちなみに 1 秒分のデータを読みよるには 5 時間程度必要
soft_fft	木村守孝	read_dra2000 で読みだしたデータを FFT し表示する。FFT サンプル数は可変で 4096-4M まで設定可能
soft_corr	木村守孝	read_dra2000 で読みだした 2 個のデータの相互相関をとる。内部で FX 型の相関処理を行う。F 部のサンプル数は 4096-4M まで設定可能。ディレイ、レート、観測周波数を設定すれば天体のフリッジ検出も可能ちなみにソフトで相関処理を行なった場合、実時間の 100 倍程度計算時間が必要である

3 . Post Correlation データ処理ソフトウェア

現在のギガビットシステムは、1024Mbps サンプリング・1ch のシステムであるため、バンド幅合成処理(周波数チャンネルの積分)による群遅延の精決定を行う必要がない。GICO の相関出力結果から群遅延の決定を行うソフトウェア gfine、GICO の相関出力ヘッダーやデータ参照のための grmon、フリッジのモニターを行うソフトウェア gortx、など、ギガビット相関器 (GICO) から出力されるデータを処理して、遅延時間、相関振幅、相関位相などの情報を取り出すソフトウェアについて表 2 にまとめておく。

また、DRA-2000 は相関処理時に使う大型ディレイバッファであるが、そのメモリを利用して、観測時に記録したデータの出力を DRA-1000 より受け取り、1 秒間(1Gbit)のデータをメモリに保持することができる。この機能を使って DRA-2000 から GPIB インタフェースを通して観測中のデータを計算機に取り込み、soft_fft を使って観測したばかりのデータの帯域特性を確認したり、インターネットを通じて相手局のデータを転送し、soft_corr を使ってソフトウェアによるフリッジ確認を観測の際中に行うことができるなど、ギガビットのシステムにはこれまでの VLBI 観測機器になかった特徴的な機能がある。

4 . 試験観測(GEX6)データを使っでの KSP との比較

従来の VLBI システムとの比較を行うため、KSP の鹿島 11m アンテナと、小金井 11m アンテナを使って、ギガビット VLBI システムと KSP リアルタイム VLBI システムの並行観測 (GEX6) を 1999 年 10 月 19 日に 7 時間行った。観測は最初の 1 時間を除き、KSP で行っている通常の測地 VLBI 観測と同様、さまざまな仰角・方位角天体を次々と切り替えて観測した。KSP のリアルタイム VLBI によ

る相関処理結果と、GICO の相関処理結果比較した結果、サンプラーのクロックの飛びによる 32bit (31.25ns)のジャンプが明確に現れた。31.25ns を不定性として除去して KSP のバンド幅合成結果と比較したところ、遅延で 1ns 程度、レートで 1-2ps 程度の差が残っている。512MHz、1ch のギガビットシステムは、KSP の X-band10ch の有効帯域幅(約 380MHz)にはやや劣る(有効帯域幅：147MHz)ものの、高い SNR により KSP より 4 倍程度は高い遅延分解能を期待できるはずである。現在の KSP との差の原因については現在調査中である。

5 . まとめ

- 1 .ギガビット VLBI システムの相関処理制御ソフトウェア、及びデータ処理ソフトウェアの整備を進めている。
- 2 . 1999 年 10 月に KSP の鹿島、小金井のアンテナを用いて KSP との並行観測を行い、KSP と相関処理結果の比較を行った。プレリミナリーな段階であるが、相関振幅、SNR に関して良好な結果が得られつつある。群遅延、遅延変化率に関しては、KSP と差が残っており、ハード、ソフトを含めた原因の検討を行う必要がある。
- 3 . 岐阜大学との G I F T 実験から測地解を出すべく作業中である。

参考文献

- Nakajima et al., 1997, "Giga-bit VLBI strage system for the next generation", Proc. of Conf. for High Sensitivity Radio Astronomy, Cambridge Contemporary Astrophysics, p.256.
- Sekido et al., 1999, "Fringes from Giga-bit VLBI system", Proc. of International Workshop GEMSTONE at CRL Tokyo, pp.245-248
- 中島 他, 1999, "ギガビット VLBI 試験観測 GEX とリアルタイムフリンジ", 1999 年日本天文学会秋季年会, V10a.
- 木村 他, 1999, "大口径アンテナ間のギガビットフリンジ", 1999 年日本天文学会秋季年会, V09a.
- 木村 他, 1999, "ギガビット AD サンプラの VLBI 用評価試験", 1999 年日本天文学会秋季年会, V11a.