

文章编号: 1000-8349(2007)01-0074-10

# VLBI 标准接口的发展

殷 妮, 张秀忠

(中国科学院 上海天文台, 上海 200030)

**摘要:** VLBI 标准接口是近年来在 VLBI 技术中诞生的一个新概念, 它旨在解决多年来各 VLBI 数据传输系统不兼容的问题。该文阐述了 VLBI 数据传输系统的发展历史, 包括传统的记录 / 回放系统和新兴的网络数据传输两方面的内容; 说明了 VLBI 标准接口的作用和意义; 并分别介绍了 VLBI 标准接口规范 3 方面的内容: VLBI 标准接口件规范 (VSI-H)、VLBI 标准接口软件规范 (VSI-S) 和 VLBI 标准接口网络规范 (VSI-E)。

**关键词:** 天文观测设备与技术; 甚长基线干涉测量技术; 综述; 数据记录 / 回放系统; VLBI 标准接口; VLBI 标准接口硬件规范; VLBI 标准接口软件规范; VLBI 标准接口网络规范

**中图分类号:** P228.6, TN919.6 **文献标识码:** A

## 1 引 言

甚长基线干涉测量 (VLBI) 最初是为了以高分辨率绘制遥远类星体的结构而发展起来的射电天文技术。经过近 40 年的发展, VLBI 已成为当代角分辨率最高、定位精度最好的天文观测技术, 不仅广泛用于天文学、测地学的研究, 也是国际上广泛采用的深空探测器高精度测量手段。

按照信号流向可将 VLBI 系统分为数据采集系统 (Data Acquisition System, DAS)、数据传输系统 (Data Transmission System, DTS) 和数据处理系统 (Data Processing System, DPS) 3 个部分<sup>[1]</sup>, 见图 1。

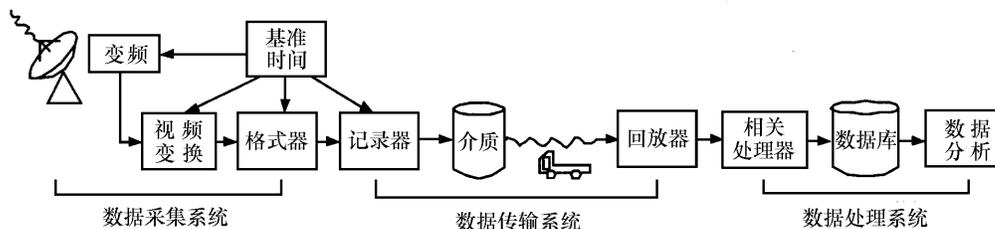


图 1 VLBI 系统

收稿日期: 2006-01-15; 修回日期: 2006-06-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (10573005); 国家 973 资助项目 (G19990754)

## 2 VLBI 数据传输系统

从广义上说, VLBI 数据传输系统既可以是传统的记录 / 回放系统 (记录介质可以是磁带、磁盘或光介质), 也可以是实时或准实时网络数据传输, 甚至可使用专用线路直接连接<sup>[2]</sup>。

### 2.1 VLBI 记录 / 回放系统

VLBI 记录 / 回放系统通常是先把数据存储到高速、大容量的介质中, 然后将介质运输到处理中心, 进行相关处理时再将数据回放出来。

1967 年 Broten 等人<sup>[3]</sup> 成功进行了最早的 VLBI 实验, 他们用演播室电视记录器记录下 4 MHz 带宽的模拟数据。此后, 人们研制出以下各种基于磁带的数字 VLBI 系统:

1) Mark 系列。美国的 Bare 等人<sup>[4]</sup> 在 1967 年设计出 Mark 1 系统。它将观测数据记录到 1/2 英寸标准计算机磁带上, 记录带宽为 360 kHz, 每盘磁带只能记录 3 min。1971 年美国国立射电天文台的 Clark 等人<sup>[5]</sup> 又成功研制了 Mark 2 系统, 该系统将数据记录在录像带上, 记录带宽为 2 MHz, 每盘磁带可记录 4 h。70 年代后期 Haystack 天文台的 Rogers 等人<sup>[6]</sup> 研制出 Mark 3 系统, 它使用 2.54 cm 宽的厚磁带记录数据, 记录带宽为 125 kHz~56 MHz, 最高数据记录速率为 112 Mb/s, 每盘磁带可连续记录 13 min。此后的 Mark 3A 系统使用窄磁头记录平行的写磁道, 在相同磁带上记录的数据量达到 Mark 3 系统的 14 倍。20 世纪 90 年代, Mark 4 系统投入使用<sup>[7]</sup>。它对 Mark 3 系统进行了改进, 主要是使其与 VLBA 系统更加兼容。该系统的记录速率可达到 1 024 Mb/s。

2) VLBA 记录 / 回放系统。20 世纪 80 年代研制的 VLBA 记录 / 回放系统是从 Mark 3A 系统的技术发展而来的<sup>[8]</sup>。该系统在磁带上记录 32 个数据磁道和 4 个系统磁道。为了减小磁头和磁道损坏对数据质量的影响, 没有在比特流和磁道间进行固定分配, 而是采取滚筒式的循环分配方式。VLBA 记录 / 回放系统的最高比特速率为 256 Mb/s。

3) S2 系统。1988 年加拿大科技人员发表了基于 VCR(卡带式影像录放机) 的 VLBI 数据传输系统报告<sup>[9]</sup>, 该系统的记录速率为 12 Mb/s。后来研究人员用专业的 VCR 实现了 S2 系统<sup>[10]</sup>, 记录速率提高到 16 Mb/s。通过并行使用 8 个 VCR 可使记录总速率达到 128 Mb/s。

4) K 系列。日本的 VLBI 数据传输系统的研究始于 1976 年, 在 20 世纪 80 年代研制出 K-2、K-3 和 K-4 系统。1983 年研制的 K-3 系统可完全兼容 Mark 3 系统; K-4 系统基于 Sony 公司的商业盒式螺旋扫描记录器, 可配制多种记录模式, 最高记录速率达 256 Mb/s<sup>[11]</sup>。

5) 日本千兆比特 VLBI 数据传输系统。该系统在 1999 年进行了第一次观测。它采用高清晰电视磁带记录系统 GBR-1000, 数据记录速率可达到 1 024 Mb/s。

近年来随着计算机产业的快速进步和广泛商业化, 消费类技术的价格相对便宜, 利用这些技术来构建高性能 VLBI 数据传输系统日益可行。最新研制的基于磁盘的 Mark 5 系统, PC-EVN 和 K-5 系统的记录速率都达到了 1 024 Mb/s, 价格却比磁带系统低廉<sup>[12]</sup>。

### 2.2 e-VLBI

e-VLBI 是通过高速网络传输 VLBI 数据。相比传统的记录 / 回放系统, e-VLBI 不需要等待运输介质, 因而能够更快地得到处理结果; 随着 e-VLBI 的数据速率提高到数千 Mb/s, 观测的灵敏度将超过传统记录介质; 此外, e-VLBI 的优势还在于其成本更低和可以进行快速

诊断及测试。

1977年 Yen 等人<sup>[13]</sup>进行了一项开创性试验,通过卫星在射电天线之间建立了实时通信连接。1979年 Haystack 天文台成功地使用普通电话线将少量数据(大约 1 Mb/ 台站)传输到软件相关处理器<sup>[14]</sup>。1997年日本的 Keystone 利用 ATM 网络将 4 个天线进行实时连接,数据传输速率达到 256 Mb/s<sup>[15]</sup>。2002年 10 月 4 日,美国 Haystack 天文台成功地在 Westford 和 GGAO 的天线之间进行了第一次高数据速率准实时 e-VLBI 实验<sup>[16]</sup>,在长达 700 km 的基线上实现了速率为 788 Mb/s 的数据传输。2002年 10 月 24 日在 Haystack 天文台和 GGAO 之间实现了速率为 256 Mb/s 的实时 VLBI 数据传输。欧洲 VLBI 网 (EVN) 在 2004年 9 月 22 日进行了首次 e-VLBI 观测<sup>[17]</sup>。此次观测时间长达 20 h,参与观测的射电望远镜分别位于英国、瑞典、波兰和波多黎各。天线间最大距离是 8 200 km,数据在网络上的传输速率为 32 Mb/s。随着高速科研和教育网络面向世界各地的射电望远镜提供宽带接入服务,e-VLBI 的使用将越来越普遍。

2001 年第一届 e-VLBI 研讨会在 Haystack 天文台举行。作为提供经验交流和发展合作的平台,该研讨会已成功举办 4 届。

### 3 VLBI 标准接口规范

VLBI 技术本身要求全世界的 VLBI 数据传输系统相互兼容。随着越来越多彼此不兼容的 VLBI 数据系统的出现,人们感到需要定义一种标准接口,使记录在不同 VLBI 数据系统上的观测数据能用同一种相关处理机进行处理。

1999 年,在东京召开的 GEMSTONE 会议上首次提出了 VLBI 标准接口 (VSI) 的概念。VLBI 标准接口硬件规范 (VSI-H)1.0 版于 2000 年完成,与其对应的 VLBI 标准接口软件规范 (VSI-S)1.0 版于 2003 年完成。之后,e-VLBI 的兴起要求定义标准的 e-VLBI(与介质无关)数据格式,VLBI 标准接口网络规范 (VSI-E) 于 2004 年完成。

#### 3.1 VSI-H

VSI-H 定义了出入 VLBI 数据传输系统的硬件标准接口,使不同种类的数据传输系统与数据采集系统、数据处理系统的连接变得简单。该接口包括电气特性和时序逻辑的定义,能兼容传统的记录 / 回放系统、网络数据传输系统以及直连系统。该接口的定义完全隐藏了数据传输系统的细节特征,使数据以一种透明的方式在数据采集系统和数据处理系统间传输。

VSI-H 基于以下几点假设:

- 1) 本质上,数据传输系统的作用是在数据采集系统和数据处理系统之间接收和发送并行比特流;
- 2) 各路比特流的内容在数据采集系统和数据处理系统之间应保持一致,通常是采样值的符号比特或幅度比特;
- 3) 输入比特流和输出比特流的时钟频率可以不同(比如说,可以加快或减慢回放速率),但是从任意输入端口上接收到的比特流的信息速率是一样的,并且从输出端口回放的比特流的时钟速率也应该是一样的;
- 4) 用时间标签来标记多路平行比特流,数据传输系统的输出端必须可以完全恢复出各个

比特流的记录时间。

在这些假设条件下, VSI-H 没有限制传输介质的类型、格式或容量, 其介质可以是磁带、磁盘、光纤、Internet 或其他任何类型的传输介质。

根据 VSI-H, 数据传输系统被分成 2 个逻辑模块: 数据输入模块 (Data Input Module) 和数据输出模块 (Data Output Module)(见图 2)。

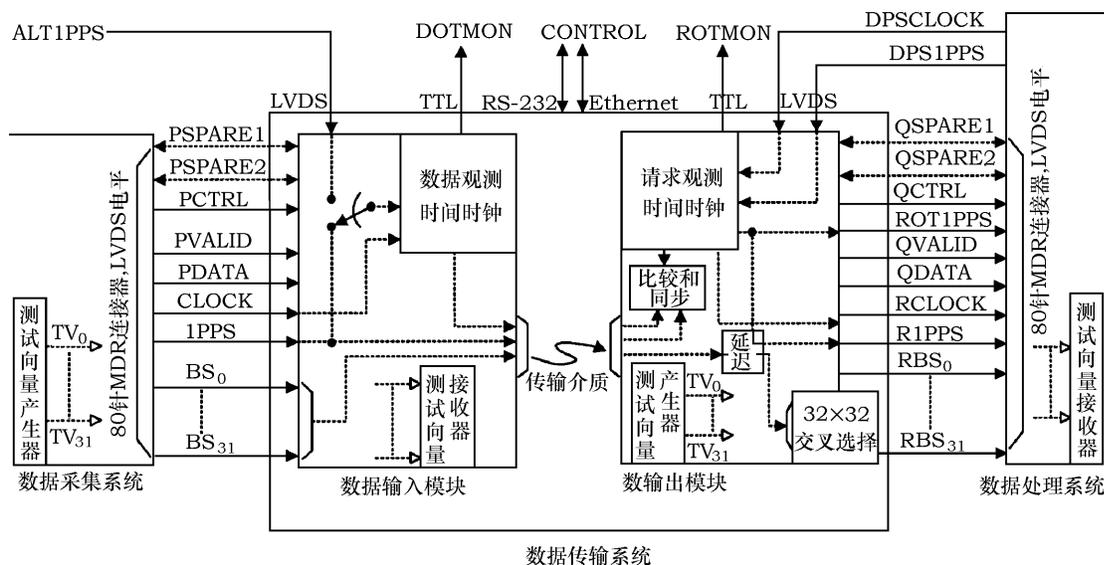


图 2 VSI-H 功能框图 [18]

### 3.1.1 数据输入模块

从数据采集系统输入到数据输入模块的信号有:

1)  $BS_0$ – $BS_{31}$ , 共有 32 个输入比特流, 数据输入模块以相同的速率对它们进行采样。采样速率可以选择 2、4、8、16 或 32 MHz。因此单个数据输入模块端口的最大输入速率是 1.024 Gb/s。用户可以规定任何 1、2、4、8、16 或全部 32 个输入通道有效。数据输入模块只对有效比特流进行采样;

2) CLOCK, 伴随输入比特流的同步时钟,  $f_{CLOCK} = 2、4、8、16$  或 32 MHz。数据输入模块的采样频率  $f_{BSI}$  应该取  $f_{CLOCK}$  的偶数因子, 即  $f_{CLOCK}/f_{BSI} = 2^n$ ,  $n \geq 0$ 。CLOCK 也是数据输入模块的参考频率;

3) 1PPS, 秒脉冲, 该信号与“TOST”比特(整数秒时刻采样得到的数据比特)对齐;

4) PVALID, 比特流有效信号, VSI-H 没有定义它的内容和用法;

5) PDATA, 标准 8 比特 ASCII 码异步串行数据流, VSI-H 没有规定其内容和用途;

6) PCTRL, 静态反向通道控制信号。

数据输入模块内部有一个数据观测时间 (DOT) 时钟, 它是模块内部的主时钟。DOT 时钟通过读 CLOCK 信号来为每个输入数据比特做时间标记。

数据输入模块的控制接口是一个用 RS-232 和以太网实现的双向通信接口, 通常与计算机相连, 负责控制和监控数据输入模块的运行。在观测过程中数据输入模块的运行过程如下:

- 1) 用户通过控制接口规定数据输入模块接收哪些比特流;
- 2) 用户通过控制接口命令数据输入模块在下一个 1PPS 信号到来时把 DOT 时钟设置成指定的整数秒时间。一经设定, DOT 时钟通过计数 CLOCK 信号的周期来运行, 并不受此后的 1PPS 信号影响;
- 3) 用户通过控制接口命令数据输入模块开始向传输介质发送数据。数据流中的每一个比特都要和其(显式或隐式的)时间标记一起发送出去;
- 4) 观测结束时, 用户命令数据输入模块停止传送数据。

### 3.1.2 数据输出模块

数据处理系统为数据输出模块提供时钟 DPSCLOCK 和秒脉冲 DPS1PPS。数据输出模块输入到数据处理系统的信号有:

- 1)  $RBS_0 - RBS_{31}$ , 重构比特流输出信号。数据输出模块将数据输入模块记录的比特流重构出来, 从  $RBS_0 - RBS_{31}$  输出。但重构比特流与记录比特流可能有两点不同, (1) 两者的数据速率可能不同, 重构比特流相对 ROT 时钟可能有一定延迟; (2) 数据输出模块有交叉选择功能, 可以将重构比特流以任意方式映射到输出信号  $RBS_0 - RBS_{31}$ ;
- 2) RCLOCK,  $RBS_n$  的同步时钟;
- 3) R1PPS, 秒脉冲, 总是与“TOST 比特”对齐;
- 4) ROT1PPS, 来自 ROT 时钟的秒脉冲;
- 5) QVALID, 数据有效信号;
- 6) QDATA, 标准 8 比特 ASCII 码串行数据流, VSI-H 没有规定其内容和用途;
- 7) QCTRL, 静态反向通道控制信号。

数据输出模块内部有一个 ROT 时钟(数据观测时间时钟), 重构比特流与该时钟提供的参考时间同步。在一个基于存储的数据传输系统中, 数据实际是先被存入一个可移动的存储介质, 然后回放出来。VSI-H 规定这种系统的数据输出模块应当具有延迟的能力, 即可根据用户要求将重构比特流相对 ROT 时钟进行延迟。延迟大小用比特偏移量来表示, 当比特偏移量不为零时, 数据输出模块将  $RBS_n$ 、R1PPS 和 QVALID 信号相对 ROT1PPS 脉冲延迟; 当比特偏移量等于零时, ROT1PPS 和 R1PPS 应是一致的。

在回放过程中数据输出模块的运行过程如下:

- 1) 用户通过控制接口规定数据输出模块重构数据输入模块记录的有效比特流的任意子集;
- 2) 用户通过控制接口命令在下一个 DPS1PPS 时刻将 ROT 时钟设置成指定的 UTC 整数秒时刻, 一经设定, ROT 时钟通过计数 DPSCLOCK 运行, 并不受以后的 DPS1PPS 信号影响;
- 3) 用户通过控制接口命令数据输出模块开始回放重构比特流, 重构比特流与 ROT 时钟同步。如果用户指定了比特偏移量, 则重构比特流与 ROT 时间加比特偏移量的时间同步。重构比特流有效时, QVALID 信号为逻辑“真”;
- 4) 回放结束时, 用户命令数据输出模块停止传输数据。

VSI-H 还详细定义了信号间的时序关系和接口的电气特性, 具体内容请参阅文献 [18]。

### 3.1.3 VSI-H 的应用

在硬件上采用标准接口可以解决各 VLBI 数据系统间现存的许多不兼容问题。因此未来 VLBI 数据系统都应该完全依照 VSI-H 设计, 现有的系统也应该尽可能按照该规范改进。

2000 年 11 月, 日本通讯研究实验室 (CRL) 按照 VSI-H 改进了 Gbps VLBI 系统的 AD 采样器和记录器, 首次证实按该规范进行数据传输是有效的。2001—2002 年, Metsahovi 天文台研制出了基于硬盘的 VLBI 数据采集和回放系统 PC-EVN。该系统有 2 块 VLBI 标准接口板<sup>[19]</sup>: 存储器直接存储卡 (VSIB) 和通用转换卡 (VSIC)。VSIB 负责将数据写入或读出硬盘。VSIC 可以将符合多种不同记录标准的 VLBI 数字信号转换成 VLBI 标准接口信号, 它支持的标准有: VLBI 采样器输出、VLBA 格式器输出、Mark 4 格式器输出、S2 数据采集系统输出、K4 系统输出。此外, K5 系统和美国 Haystack 天文台研制的 Mark 5B 系统也都遵守 VSI-H 规范。

### 3.2 VSI-S

VSI-S 于 2003 年 2 月完成<sup>[20]</sup>。它是 VSI-H 的软件对应部分。VSI-S 的目标是定义一个强大、可靠的通信协议来控制符合 VSI-H 的数据传输系统。因此它必须解决以下 3 个问题:

1) 规定通信结构和协议。VSI-S 规定数据传输系统有 4 个通信端口, 串行数据线 PDATA 和 QDATA 仅用做单向通信连接, Ethernet 和 RS-232 是 2 个连接到控制器的控制接口。控制接口的通信结构如表 1 所示。Ethernet 和 RS-232 都采用开放式系统互联层次化模型, 以 TCP 作为传输层协议。此外 RS-232 还支持一种“RS-232 直连”, 这种连接方式忽略了大多数标准网络层。规范详细规定了传输层协议规则和应用层协议规则, 并定义了 PDATA 和 QDATA 的用法。

表 1 控制接口通信结构<sup>[20]</sup>

Protocol Layer	Ethernet	RS-232 TCP (optional)	RS-232 Direct (optional)
Application	VSI-S	VSI-S	VSI-S
Transport	TCP	TCP	NPAD <sup>1</sup>
Network	IP	IP	
Data Link	IEEE 802.3	PPP	
Physical	IEEE 802.3	EIA/TIA-574	EIA/TIA-574

注: 1. 不可靠的数据包组合和分解

2) 规定数据传输系统使用的通用命令和响应的语法。任何发送到数据传输系统控制接口的消息必须是“命令”或“询问”。“命令”引起一个可以改变数据传输系统状态的操作; “询问”只是请求获得数据传输系统某方面的状态, 而并不改变数据传输系统的状态。

3) 规定一个命令集合来配置和控制符合 VSI-H 的数据传输系统。这个集合有针对整个系统的命令, 也有用于设置和运行数据输入模块和数据输出模块的命令, 还包括介质管理命令等。

### 3.3 VSI-E

VSI-H 和 VSI-S 没有规定从数据输入模块传输到数据输出模块的数据格式。随着 e-VLBI 热潮的到来, 必须定义一种标准的 e-VLBI (或其他与介质无关的) 数据格式, 通过网络用这种格式将数据从数据输入模块传输到数据输出模块, 该格式在不同种类的数据传输系统之间是一致的, 由此也就产生了 VLBI 标准接口网络 (VSI-E) 规范。

在 2003 年第二届 e-VLBI 研讨会上, 人们第一次详细讨论了 VSI-E, 其草案于 2004 年 1 月发表<sup>[21]</sup>。VSI-E 需达到的主要目标有<sup>[22]</sup>: 1) 互用性, 采用公共数据格式; 2) “英特网友好”, 采用英特网群落中著名的和容易理解的协议; 3) 易操作, 使用现有库, 或增加新库; 4) 灵活性, 允许用户根据他们的网络状态和对吞吐量的要求来选择适合的传输机制或协议。根据以上这些目标, VSI-E 推荐使用 RTP(Real-time Transport Protocol) 协议组来传输 e-VLBI 数据。RTP 协议组包括实时传输协议 (RTP) 和实时传输控制协议 (RTCP)。

RTP 的作用有: 1) 将用户数据封装成某种格式, 该格式能保留数据的时间信息和同步信息; 2) 确定有效载荷以及产生有效载荷的数据源; 3) 为保证顺序传输提供序列号; 4) 提供合并, 分流, 转换等其他信息。

RTCP 是一个负责管理与监控的窄带通道, 它与 RTP 主数据流相关联。其作用为: 1) 监控网络的实时传输性能; 2) 从数据接收或发送端收集统计值, 再将统计数字分发给数据接收或发送端以及网络管理单元; 3) 根据当前的网络状况改变传输策略。

图 3 描述了基于 RTP 的 e-VLBI 系统概貌。天线接收到的数据通过一个 VLBI 标准硬件接口进入数据输入模块。数据输入模块把数据编排成规定的格式, 然后使用 RTP 将数据传输到网络上。RTP 与 RTCP 前后交替执行。RTP 负责传输采样数据流、相关的时间信息和其他关于数据的结构及有效性的信息; 而 RTCP 则作为一个信号通道负责传输静态的或慢速变化的信息 (如 PDATA、有效数据流屏蔽内容等)。RTP 通道使用 95% 以上的 e-VLBI 专用网络带宽, RTCP 通道则使用另外 5% 的资源。

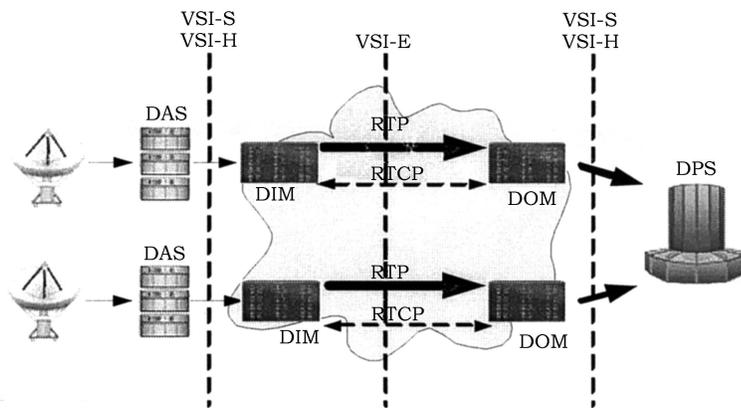


图 3 VSI-E RTP/RTCP 概貌

VSI-E 规定使用 6 种 RTP 包来传输 VLBI 数据, 它们分别是:

- 1) RTP 数据包, 用来封装和传输 e-VLBI 数据, 内容包括载荷类型、序列号、RTP 时间戳、源标志符和数据采样值;
- 2) RTCP 发送端报告包, 发送端发送给接收端的服务质量统计数据和时间同步信息;
- 3) RTCP 接收端报告包, 接收端 (相关处理器) 返回给发送端的服务质量统计值, 发送端可基于该反馈来调整它们的传输策略;
- 4) RTCP 源描述包, 由源端发出, 向其他会话参与者 (即相关处理器一端的数据输出模

块) 提供自己的信息, 接收端根据这些信息计算比特流的信息速率和包的大小;

5) RTCP 停止包, 表明一个或多个发送端即将停止工作, 离开会话;

6) RTCP 应用定义包, 内容有 PDATA 包和其他控制信号。

RTCP 可以传送单个包, 也可以传送组合包来减少底层的开销。VSI-E 建议使用组合包。RTP 标准规定每个 RTCP 组合包必须包含一个发送端报告或接收端报告, 以及一个源描述包。

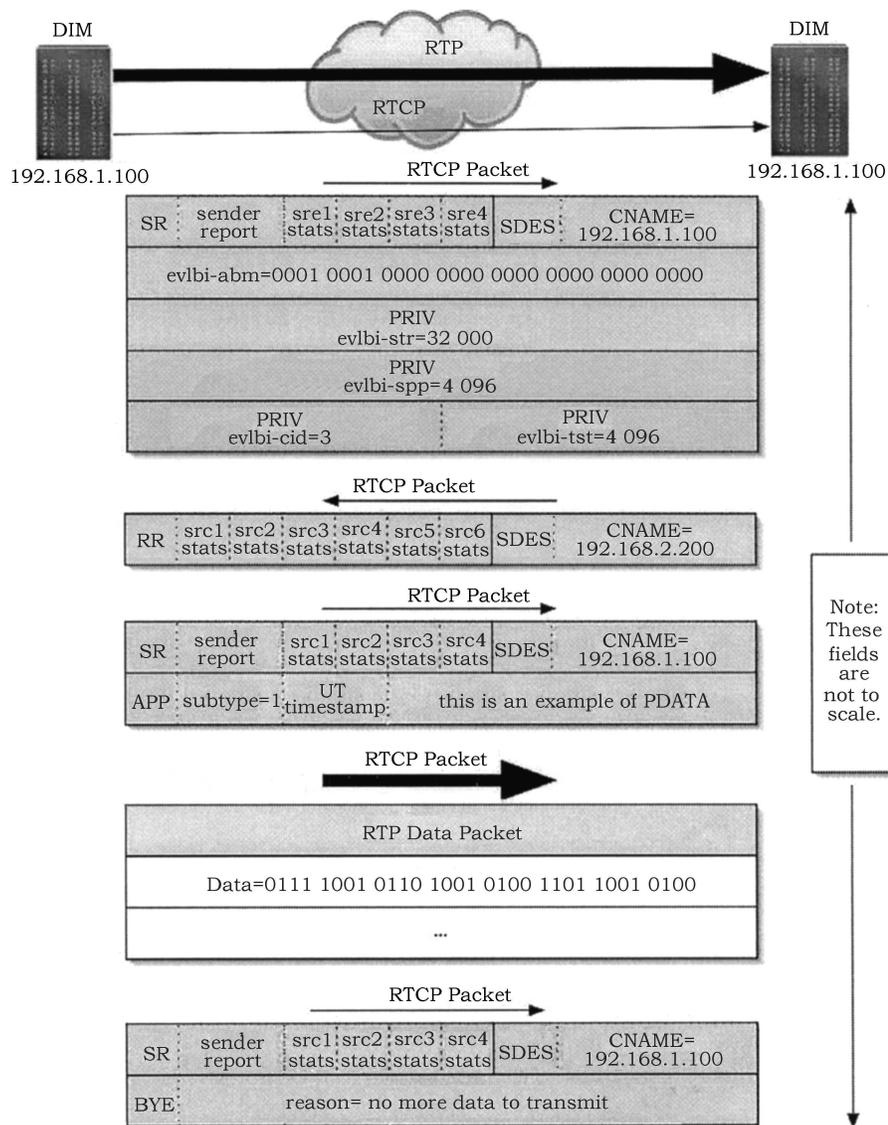


图 4 RTCP 消息序列举例

图 4 说明了数据输入模块和数据输出模块如何在 IP 网络上交换 RTCP/RTP 消息。会话一开始, 数据输入模块发送一个 RTCP 组合包给数据输出模块, 以实现 3 个目的: 让数据输

出模块识别数据输入模块、发送会话信息和提供起始同步点。该组合包包含一个发送端报告和一个源描述包。发送端报告里有时间戳同步信息 (RTP 时间戳和 UT 时间戳)。源描述包里有数据输入模块的规范名 (IP 地址), 还包含一些其他项 (如有效比特流屏蔽、通道标识、采样频率、每个数据包的采样值数量和时间戳换算因子)。

数据输出模块发送一个包含接收端报告和源描述包的 RTCP 组合包。接收端报告内容在上个 RTCP 间隔内向数据输出模块发送过包的任意数据源的接收统计数据。源描述包仅包含数据输出模块的规范名 (在这里是它的 IP 地址)。在数据输入模块的下一个 RTCP 发送时间, 数据输入模块发送一个应用定义包。该应用定义包包含了传送给数据输出模块的 PDATA 内容。然后数据输入模块开始发送 RTP 数据包, 内容就是要在相关处理器一端进行处理的 VLBI 采样数据。每隔一段时间, 源端需要重新同步接收端的采样时钟。数据输入模块完成数据传输后, 发送一个包含终止包的 RTCP 包, 告知数据输出模块它将停止工作。此时, 数据输入模块与数据输出模块间的会话关闭。

VSI-E 还描述了时间同步、生成发送报告等操作的具体实施办法, 具体内容请参阅文献 [21]。

## 4 结束语

VLBI 标准接口获得了全世界 VLBI 研究机构的支持, 它的出现解决了 VLBI 技术中的很多问题。随着越来越多的 VLBI 数据传输系统实行 VLBI 标准接口规范, VLBI 标准接口将会在未来的应用过程中不断改进, 日趋完善。为了与国际 VLBI 机构保持同步, 我国的 VLBI 设备不久也将配置 VLBI 标准接口。

### 参考文献:

- [1] Fujinobu T. Very Long Baseline Interferometer, Tokyo: Ohmsha, 1997: 34.
- [2] Ferris D. [http://web.haystack.edu/vsi/1999\\_07\\_30\\_vsi\\_port\\_techs.pdf](http://web.haystack.edu/vsi/1999_07_30_vsi_port_techs.pdf), 1999.
- [3] Broten N W, Legg T H, Locke J L, et al. Science, 1967, 156: 1592.
- [4] Bare C B, Clark B G, Kellermann K I, et al. Science, 1967, 157: 189
- [5] Clark B G. Pro. IEEE, 1973, 61: 1242.
- [6] Rogers A E E, Cappalo R J, Hinteregger H F, et al. Science, 1983, 219: 51.
- [7] Alef W. Proceedings of the 7th European VLBI Network Symposium, Toledo, 2004: 237.
- [8] Hinteregger H F. IEEE Trans. Magn., 1991, 27: 3455.
- [9] Yen J L, Leone P, Watson G A, et al. The Impact of VLBI on Astrophysics and Geophysics, Proc. of the 129th IAU Sym., Cambridge, 1988: 489.
- [10] Wietfeldt R D. IEEE Trans. Magn., 1996, 45: 923.
- [11] Kiuchi H, Hama S, Imae M, et al. Precision Electromagnetic Measurements, 1994: 87.
- [12] IVS WG3 Sub-group 4 report. [http://ivscc.gsfc.nasa.gov/about/wg/wg3/4\\_data\\_transport.pdf](http://ivscc.gsfc.nasa.gov/about/wg/wg3/4_data_transport.pdf)
- [13] Yen J L, Kellermann K I, Rayhrer B, et al. Science, 1977, 198: 289.
- [14] Levine J, Whitney A R. Radio Interferometry Techniques for Geodesy, NASA Conference Publication, 1980, 2115: 333.
- [15] Kiuchi H. IEEE Trans. Geo., 2000, 38: 1290.

- [16] Whitney A R. The Gbps e-VLBI Demonstration Project, 2003.  
[ftp://web.haystack.edu/pub/e-vlbi/demo\\_report.pdf](ftp://web.haystack.edu/pub/e-vlbi/demo_report.pdf)
- [17] Astronomers Demonstrate a Global Internet Telescope.  
[http://www.evlbi.org/evlbi/first\\_science/first\\_scienc-ce.html](http://www.evlbi.org/evlbi/first_science/first_scienc-ce.html), 2004
- [18] Whitney A R. VLBI Standard Hardware Interface Specification, Revision 1.0, 2000.
- [19] Ritakari J, Mujunen A. Gbit/s VLBI and eVLBI with Off-The-Shelf Components.  
<http://ivs.nict.go.jp/mirror/publications/gm2004/ritakari/ritakari.html>, 2004.
- [20] Whitney A R. VLBI Standard Software Interface Specification, Revision 1.0, 2003.
- [21] Whitney A R. Draft Proposal for VSI-E, Revision 2.7, 2004.
- [22] Lapsley D, Whitney A. 2004, astro-ph/0412691.

## The New Progress on the Research of SS433

YIN Ni, ZHANG Xiu-zhong

(Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** Since the beginnings of VLBI in the late 1960's, a large segment of VLBI instrumentation development has been directed towards the development of specialized data systems to cater to the extreme demands of both bandwidth and total data quantity that VLBI demands. Several generations of specialized data systems have been developed by the user community itself. However, most of them are incompatible with each other, which has long been recognized as posing a serious obstacle to the realization of the full potential of VLBI observations.

VLBI standard interface is a new concept in the recent year's development of VLBI technology, aiming to solve the incompatibility of various VLBI data system. It is a common interface standard which would allow observations recorded on different VLBI data systems to be processed at a common correlator.

The paper reviewed the evolution of VLBI data system, including both the traditional record/playback system and the newly coming up e-VLBI. The necessity of VLBI standard interface and how it is developed is showed in detail. Three aspects of VLBI standard interface specification are introduced: 1) a hardware definition, VSI-H; 2) a software definition, VSI-S; 3) a definition which should help transferring VLBI via networks, VSI-E.

**Key words:** astronomical facilities and technique; Very Long Baseline Interferometry(VLBI); review; Data record/playback system; VLBI standard interface; VSI-H; VSI-S; VSI-E