

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



Ф И А Н

АСТРОКОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

ПРЕПРИНТ

А.Н. ЗИНОВЬЕВ

34

**АППАРАТУРНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ШКАЛ
ВРЕМЕНИ В СЕГМЕНТАХ ИНТЕРФЕРОМЕТРА
С НУЛЕВОЙ БАЗОЙ**

МОСКВА 2005

Аннотация

Представлены результаты практического решения задачи синхронизации шкал времени в наземных компьютерных сегментах интерферометра с нулевой базой (ИНБ). Оценены результаты автоматизации измерений временных сдвигов используемых шкал времени. Анализируются количественные и качественные результаты работы экспериментальной программы управления сервер-концентратором “САДКО-4”. Отмечаются особенности взаимодействия концентратора с группой регистраторов радиоастрономических данных типа S2. Сформулированы основные критерии оценки качества работы сервера-концентратора и предложен практический вариант совершенствования системы синхронизации компьютерных сегментов, обслуживающих интерферометр с нулевой базой.

Содержание:

1. Перечень обозначений и сокращений	. 4
2. Введение	. 5
3. Компьютерные сегменты интерферометра по проекту “РАДИОАСТРОН” .	. 6
4. Шкалы времени в интерферометре с нулевой базой	10
5. Особенности программного обеспечения аппаратурной синхронизации компьютерных сегментов ИНБ	. 13
5.1 Модуль связи с синхрометром типа Ч7-37	. 14
5.2 Модули управления регистраторами S2-SRT и S2-GRT	. 15
5.3 Модуль встроенного измерителя интервала времени	. 17
6. Результаты тестирования технического решения по обеспечению синхронизации компьютерных сегментов ИНБ	. 19
7. Выводы	. 21
8. Литература	. 23

1. Перечень обозначений и сокращений.

АКЦ	АстроКосмический Центр.
КРТ	Космический РадиоТелескоп.
ШВ	Шкала Времени.
СС	Станция Слежения.
ИСС	Имитатор Станции Слежения.
ИЗРТ	Имитатор наЗемного РадиоТелескопа.
ШВ СС	Шкала Времени Станции Слежения.
DAS	Data Acquisition System.
NRAO	National Radio Astronomical Observatory.
S2	Комплект системы регистрации радиоастрономических наблюдений.
ШВ НР	Шкала Времени Наземного Радиотелескопа.
РСДБ	Радиоинтерферометр со Сверх Длинной Базой.
КПП	Комплекс Пакета Программ.
S2-SRT	Комплект системы регистрации радиоастрономических наблюдений космического радиотелескопа.
S2-GRT	Комплект системы регистрации радиоастрономических наблюдений наземного радиотелескопа.
VME	Магистрально-модульная система.
ЛВС	Локальная Вычислительная Сеть.

2. Введение.

Орбитальный Радиointерферометр со Сверх Длинной Базой (ОРСДБ) проекта “РАДИОАСТРОН” в простейшем варианте состоит двух радиотелескопов, - наземного и космического. Подготовленный АКЦ технологический электронный комплекс Космического Радиотелескопа (далее КРТ) и комплекс аппаратуры наземного радиотелескопа позволил провести испытания основных сегментов радиointерферометра (кроме антенн). Проверочные испытания в конфигурации “интерферометра с нулевой базой” (статическое состояние интерферометра) еще раз обозначили проблему правильной идентификации регистрируемых данных в разных сегментах радиointерферометра. Корректная идентификация результатов наблюдений, при широком использовании вычислительных средств, предполагает обеспечение синхронизации Шкал Времени (далее ШВ) во всех сегментах радиointерферометра.

Детальная проверка функционирования технологического электронного комплекса определила необходимость в функциональном элементе, объединяющем формируемые в интерферометре шкалы времени в единую систему, которая позволяет наблюдать и оценивать взаимное соответствие показаний системных часов компьютеров всех сегментов ИНБ.

Эта важная функция должна быть сосредоточена в Станции Слежения (далее СС), так как обусловлена необходимостью регистрации результатов измерений (например, такого параметра, как “time difference”) в масштабе времени наблюдений, с последующим сопоставлением этих результатов с данными радиоастрономических наблюдений.

Анализ результатов 3-х серий ИНБ позволил сформулировать техническое предложение в виде конкретного Концентрирующего Устройства, позволяющего принимать данные от формирователей ШВ Имитатора Станции Слежения (далее ИСС) и Имитатора наземного Радиотелескопа (далее ИЗРТ).

Для решения задачи синхронизации местных шкал времени в наземных компьютерных сегментах ИНБ и автоматизации регистрации временных сдвигов этих ШВ предложено техническое решение, предусматривающее использование комбинации типовых приборов:

- синхрометр Ч7-37 для формирователя ШВ Имитатора Станции Слежения (ШВ ИСС), относительно которой определяются ШВ сегментов ИНБ;
- персональный компьютер сервера Шкалы Времени Станции Слежения (ШВ СС) с интерфейсными адаптерами и специализированным программным обеспечением “САДКО-4”.

3.Компьютерные сегменты интерферометра по проекту “РАДИОАСТРОН”.

В соответствии с программой и методикой комплексных испытаний радиоинтерферометра с нулевой базой проекта “РАДИОАСТРОН” (ИНБ) для испытаний привлекаются системы 4-х сегментов радиоинтерферометра (см.рис.1):

- технологический образец электронного комплекса КРТ;
- имитатор Станции Слежения (ИСС);
- имитатор наземного Радиотелескопа (ИЗРТ);
- тестовый корреляционный процессор (ТКП).

1) Технологический образец электронного комплекса КРТ не содержит в своем составе элементов компьютерной техники.

2) В состав ИСС входит два элемента, оснащенных вычислительными устройствами:

- типовой персональный компьютер с прикладной программой “NRAO Decoder Control” для управления прибором Декодер;
- специализированный VME-компьютер регистратора радиоастрономических данных S-2, работающий под управлением операционной системы ROS (Recorder Operation System).

3) ИЗРТ также оснащен управляющим компьютером прибора DAS и специализированным управляющим VME- компьютером регистратора радиоастрономических данных S-2.

В качестве управляющего компьютера прибора DAS используется типовой персональный компьютер с прикладной программой “LBADAS” Австралийского производства.

Управляющие компьютеры прибора Декодер и прибора DAS работают под управлением операционной системы MS Window95/98 (либо MS DOS). Оба регистратора радиоастрономических данных типа S2, оснащенных специализированными VME- компьютерами, работают под управлением операционной системы ROS (Recorder Operation System). Важным обстоятельством является еще и то, что штатная схема управление регистраторами S2 предусматривает работу только через асинхронный интерфейс типа RS-232C или адаптер ЛВС типа Ethernet.

Программа и методика комплексных испытаний
Радионтерферометра с нулевой базой
(проект "Радиоастрон")

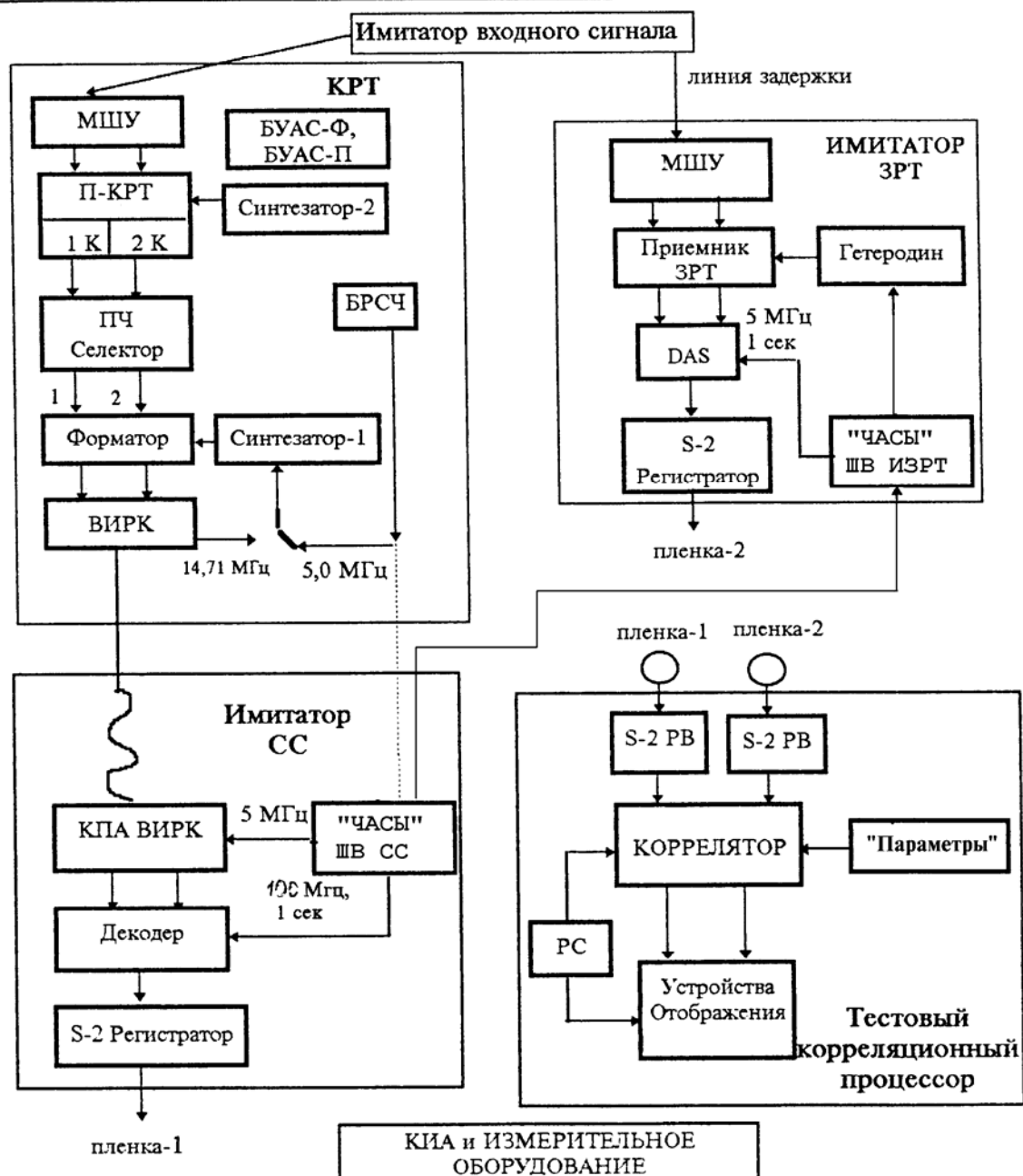


Рис.1 Функциональная схема реального ИНБ

4) Тестовый корреляционный процессор в своем составе содержит четыре взаимодействующих компьютера:

- два аналогичных специализированных управляющих VME- компьютера регистратора радиоастрономических данных типа S-2;
- технологический компьютер с прикладной программой “S2-TCI” (TCI - tape to computer interface) преобразователя данных по схеме “Лента-Диск”;
- тестовый корреляционный процессор, в виде типового персонального компьютера с прикладной программой корреляционной обработки “ASC_SWC”, обрабатывающей файлы данных с результатами наблюдений радиоинтерферометра.

По условиям эксперимента, предусмотренных программой испытаний ИНБ, необходимо обеспечить совместную синхронную работу компьютерного оборудования Имитатора Станции Слежения и Имитатора Наземного Радиотелескопа. Оценить степень синхронности можно путем сопоставления значений оцифрованных отсчетов Шкал Времени, формируемых оборудованием обоих имитаторов [1,2,3].

Тестовый корреляционный процессор выполняет обработку данных вне “реального” масштаба времени радиоастрономических наблюдений. По этой причине задача синхронизации всех компьютерных элементов Тестового корреляционного процессора выходит за рамки настоящего материала.

4. Шкалы времени в интерферометре с нулевой базой.

Необходимым условием работы радиоинтерферометра является соблюдение единого масштаба времени сеанса наблюдений и синхронной регистрации принимаемых данных на обеих станциях, участвующих в эксперименте ИНБ. В случае рассогласования масштабов времени наблюдения, либо при потере синхронизации в средствах регистрации, результаты наблюдений теряются.

Как отмечалось выше, в эксперименте ИНБ имитируется работа двух станций при помощи ИСС и при помощи ИЗРТ (см.рис.2).

Схемой каждого имитатора предусмотрено формирование собственной местной шкалы времени.

В системах регистрации типа S-2 имеются вспомогательные компьютерные часы, которые необходимо переключать перед началом каждого сеанса наблюдений радиоинтерферометра в индикаторный режим. После переключения компьютерных часов S-2 в индикаторный режим, их показания необходимо синхронизировать с показаниями формирователей ШВ СС и ШВ ИЗРТ.

Под Шкалой Времени (ШВ) в настоящем материале понимается совокупность аппаратно - программных сил и средств, обеспечивающих периодическую ежесекундную генерацию электрических импульсов, которые соответствуют по длительности фронтов (срезов) и уровням сигналов стандарту ТТЛ - логики. Подсчет генерируемых ежесекундных импульсов ШВ осуществляется формирователями (часами) в формате 6-ти десятичных разрядов вида:

ЧЧ:ММ:СС ,где

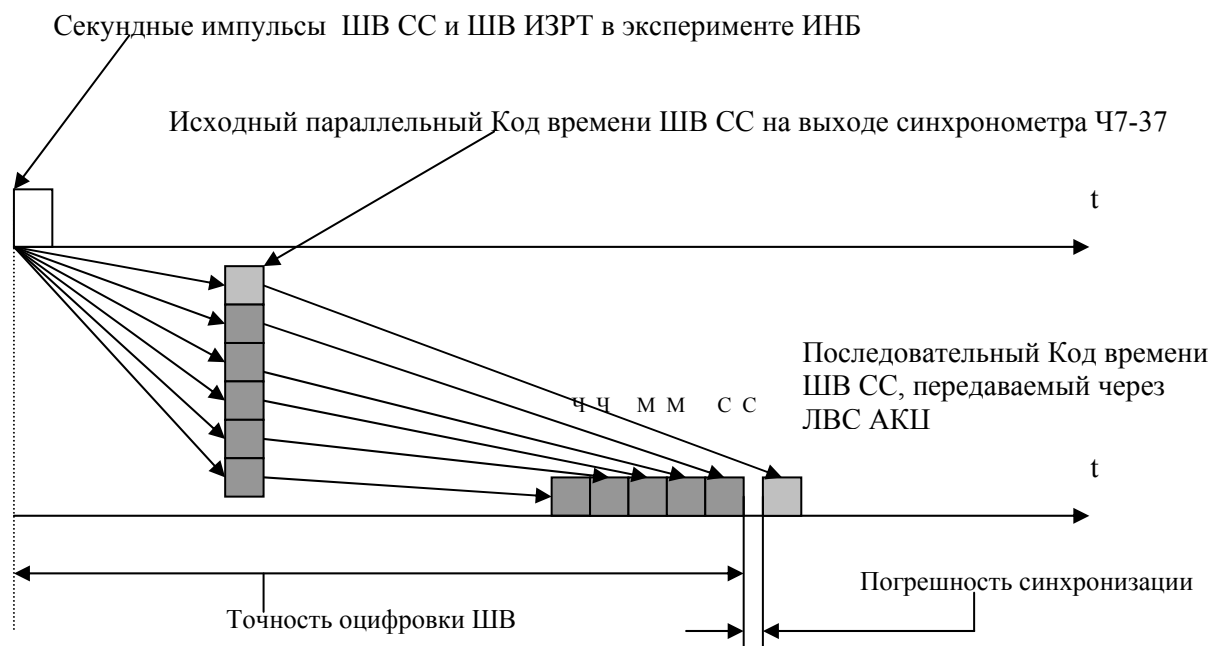
ЧЧ - два десятичных разряда часов текущих суток;
ММ- два десятичных разряда минуты текущего часа;
СС - два десятичных разряда секунды текущей минуты.

Оцифровка фронтов этих ежесекундных импульсов выполняется с точностью +/- 10 нС по уровню 0.9 от максимального, в формате:

ЧЧ:ММ:СС.мС.мкС.нС ,где

ЧЧ - два десятичных разряда часов текущих суток;
ММ- два десятичных разряда минуты текущего часа;
СС - два десятичных разряда секунды текущей минуты;
мС- три десятичных разряда миллисекунды текущей секунды;
мкС- три десятичных разряда микросекунды текущей миллисекунды;
нС - два десятичных разряда сотен и десятков наносекунд текущей микросекунды.

Оцифрованные синхрометром Ч7-37 значения отсчетов ШВ СС в виде сообщения передаются в компьютер Сервера Шкалы Времени Станции Слежения. Сообщение передается в форме 52-х разрядного параллельного кода с уровнями ТТЛ-логики. Сервер Шкалы Времени Станции Слежения, в свою очередь, связываясь с обоими регистраторами S2 через ЛВС АКЦ, передает регистраторам значения отсчетов в виде последовательных кодов времени ШВ СС. Процесс передачи поясняется временной диаграммой:



Шкала Времени Станции Слежения (ШВ СС).

В качестве формирователя ШВ СС в эксперименте ИНБ используется промышленный синхрометр Ч7-37, который выполняет функцию часов ИСС. В эксперименте ИНБ (см. Рис.2) прибор Ч7-37 использует, в качестве опорной частоты, сигнал 5МГц от одного из бортовых рубидиевых стандартов частоты типа RUSO/RA. Основным потребителем сигналов ШВ СС является прибор Декодер, использующий ШВ СС для привязки ко времени получаемых с борта потока данных радиоастрономических наблюдений.

Шкала Времени Наземного Радиотелескопа формируется при помощи синхрометра типа Ч7-15, который выполняет функцию часов ИЗРТ. В эксперименте ИНБ (см. Рис.2) прибор Ч7-15, как и в предыдущем случае, использует опорный сигнал 5МГц от того же рубидиевого стандарта частоты, что и ШВ СС. Потребителем сигналов ШВ ИЗРТ является прибор DAS, который формирует наземный поток данных радиоастрономических наблюдений и осуществляет его временную привязку.

В эксперименте ИНБ используются также вспомогательные индикаторы отсче-

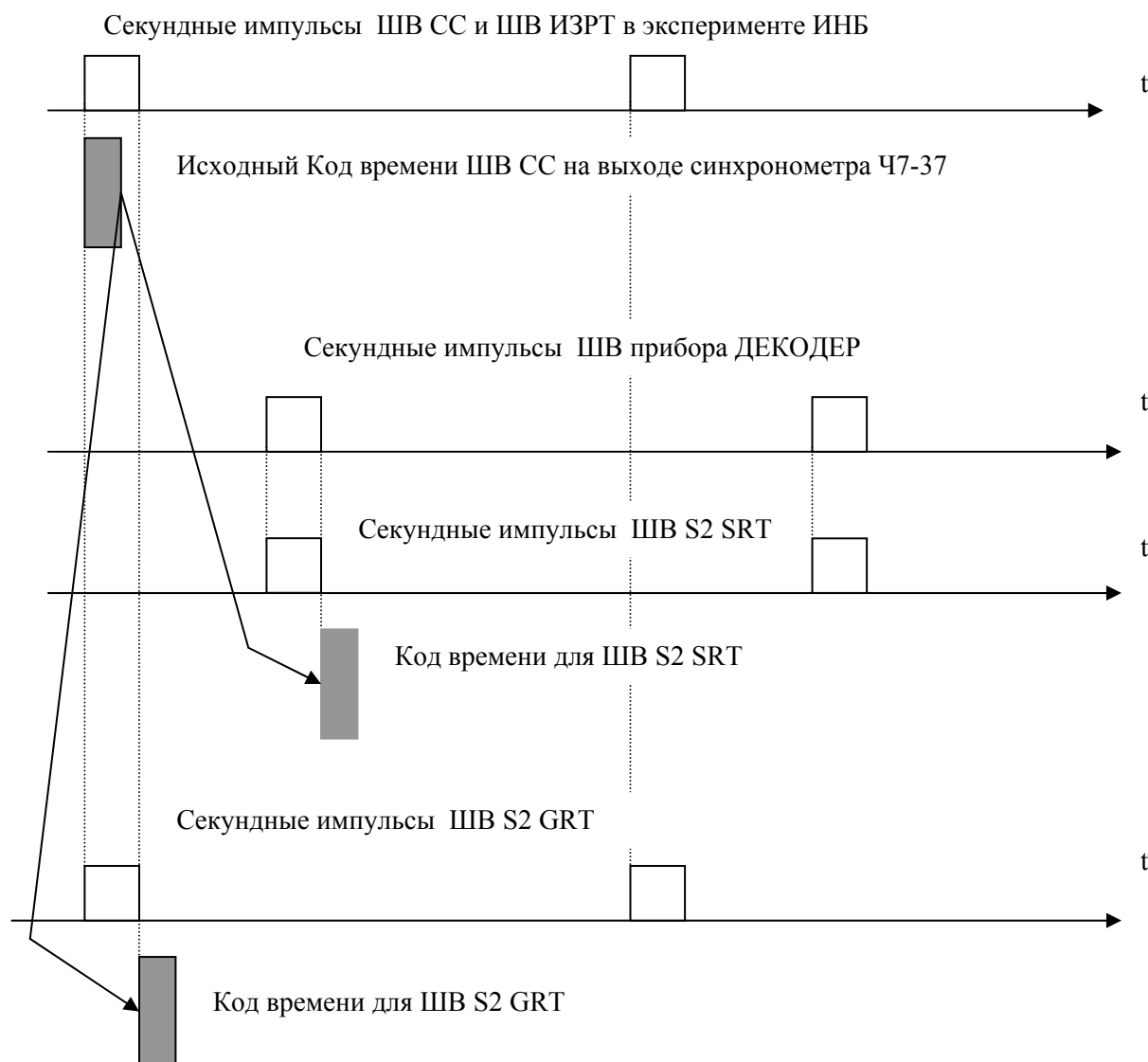
тов шкал времени, расположенные в составе оборудования типовых регистраторов типа S2.

Индикатор регистратора S2 космического плеча радиointерферометра (KPT/SRT) представляет собой коммутируемый пересчетный элемент внутренних часов специализированного управляющего VME- компьютера S2. При переключении S2 в режим регистрации, пересчетный элемент подключается к выходу прибора Декодер и выполняет две функции:

- функцию индикатора счетчика секундных импульсов синтетической ШВ КРТ, формируемой прибором Декодер;
- функцию временной синхронизации с синтетической ШВ КРТ радиоастрономических данных, которые регистрируются затем на магнитных лентах.

Показания индикатора текущего времени регистратора S2 SRT во время записи данных наблюдений должны отставать, но не более чем на 1 секунду от показаний синхронометра Ч7-37. Оцифрованные отсчеты синтетической ШВ на выходе прибора Декодер должны однозначно соответствовать отсчетам ШВ СС.

Временная диаграмма, представленная ниже, поясняет предлагаемый принцип синхронизации:



Код времени, соответствующий фронту текущего секундного импульса ШВ СС, передается сервером Шкалы Времени Станции Слежения через ЛВС АКЦ в VME- компьютеры регистраторов S2. Код времени, принятый VME- компьютерами, начинает использоваться каждым из регистраторов S2 с момента среза текущего секундного импульса соответствующей ШВ.

Индикатор регистратора S2 наземного плеча радиointерферометра (S2-GRT) работает аналогично регистратору космического плеча S2-SRT и выполняет аналогичные функции. Показания индикатора текущего времени регистратора S2-GRT во время записи данных наблюдений должны соответствовать показаниям синхронометра Ч7-15.

Необходимо отметить, что принципиальная сложность решаемой задачи синхронизации состоит в необходимости использования асинхронных каналов связи между сервером ШВ СС и регистраторами типа S2. Асинхронность каналов связи является ключевым фактором, ограничивающим точность синхронизации отсчетов ШВ во всех компьютерных сегментах ИНБ.

Разработанный эскизный проект комплекса прикладных программ, который рассматривается ниже, позволил осуществить аппаратную синхронизацию компьютерных сегментов ИНБ в рамках технических характеристик вычислительных средств, имеющихся в АКЦ ФИАН на эпоху 2002-2005гг.

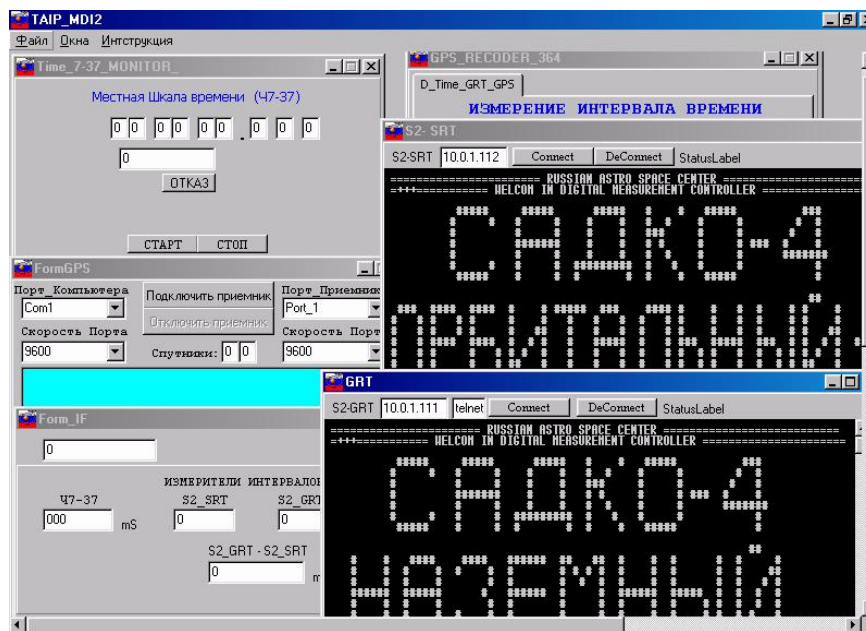
5. Особенности программного обеспечения аппаратурной синхронизации компьютерных сегментов ИНБ.

Для решения задачи синхронизации компьютеров сегментов ИНБ радиointерферометра и проверки гипотезы о концентрирующем устройстве ШВ СС, был разработан пилотный эскизный проект действующего комплекса прикладных программ “САДКО-4”.

При его разработке использованы элементы комплекса прикладных авторских программ “САДКО-2”[5,6]. Новый продукт получил название “САДКО-4”. Комплекс прикладных программ “САДКО-4” (далее КПП) рассчитан на работу в качестве базовой программы Сервера Шкалы Времени Станции Слежения (СШВ СС). Аппаратная реализация Сервера выполнена в виде типового персонального компьютера, оснащенного специализированными адаптерами измерительного оборудования и операционной системой Windows-98RU.

КПП состоит из набора функциональных модулей, выполняющих самостоятельные задачи по управлению компьютерами сегментов ИНБ.

КПП построен по принципу “звезды”, центром которой является **Корневой Концентратор Модулей управления**. Корневой концентратор модулей выполнен в виде **главного экрана**, - “**рабочего поля**”, на котором расположены экраны программ всех остальных модулей КПП. Ниже приведен обобщенный вид с изображением всех модулей.



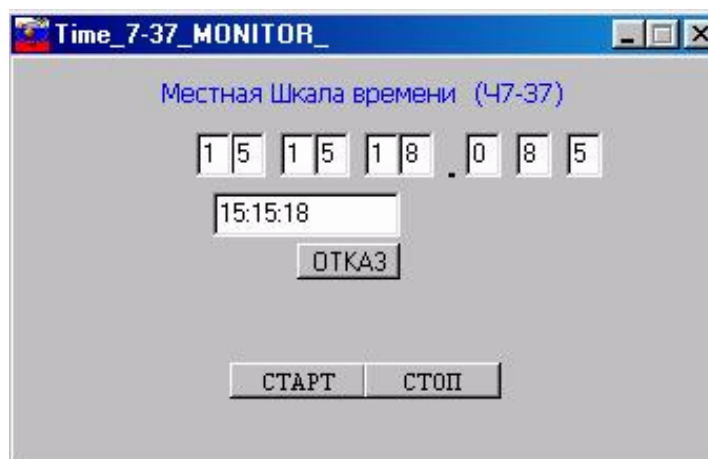
Рабочее поле КПП “САДКО-4”.

Как видно из представленного выше слайда, на главном экране расположены следующие функциональные модули:

- Модуль связи с синхронизатором типа Ч7-37
- Модуль управления регистратором S2-SRT
- Модуль управления регистратором S2-GRT
- Модуль встроенного измерителя интервала времени

Остановимся более детально на функциях модулей КПП.

5.1 Модуль связи с синхронизатором типа Ч7-37.



Рабочая панель модуля связи с синхронизатором Ч7-37.

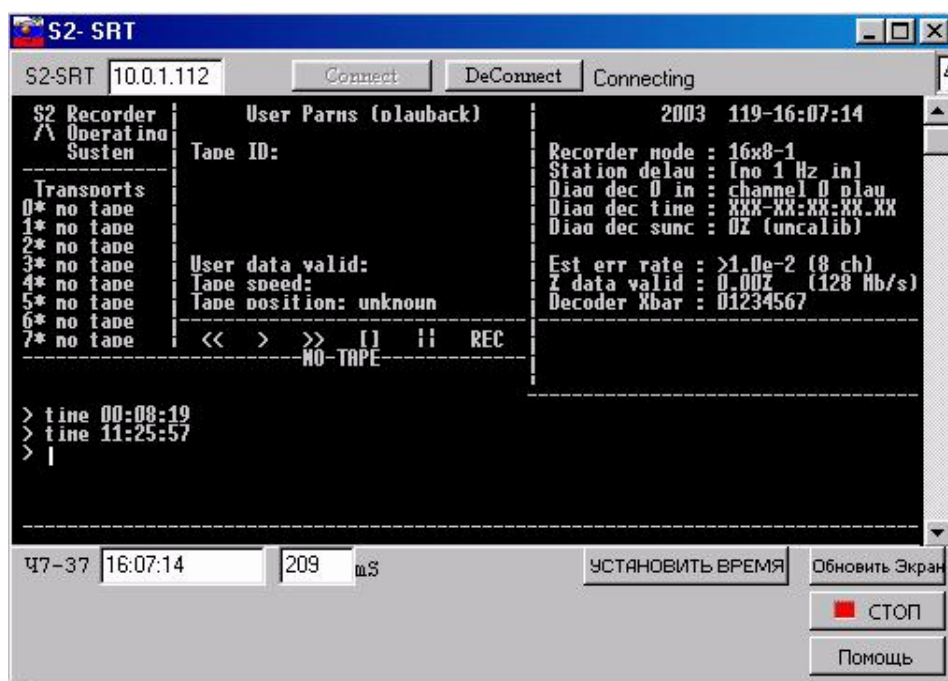
Модуль связи с синхронизатором предназначен для приема показаний часов ШВ СС в виде 52-х разрядного параллельного кода через адаптер специализированного интерфейса. Модуль связи с синхронизатором переключает пересчетное устройство

внутренних часов компьютера Сервера ШВ СС в режим внешней синхронизации от синхронометра.

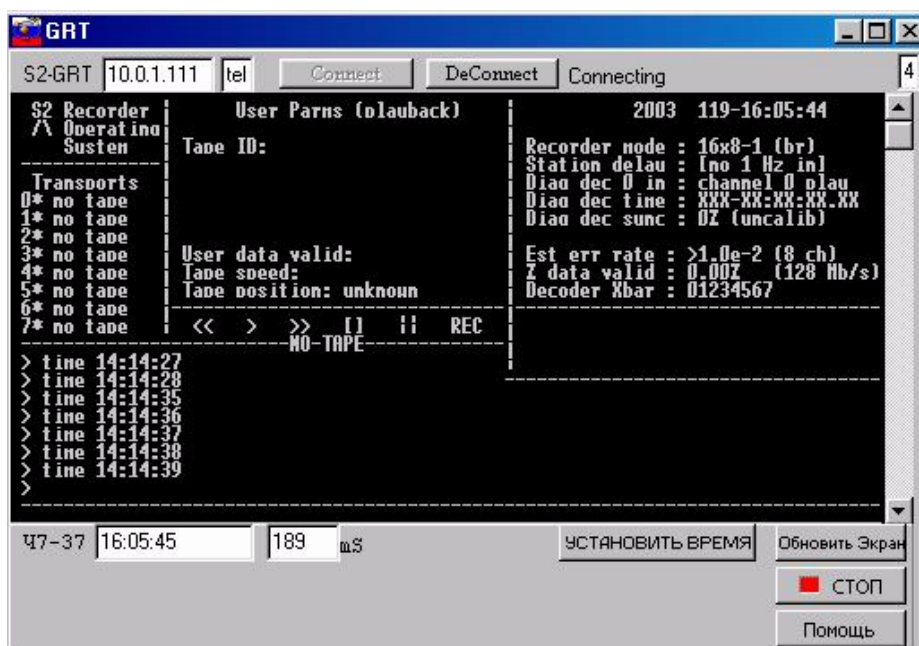
Особенность предлагаемого решения состоит в использовании широкоформатного (52-х разрядного) отсчета ШВ СС, формируемого на выходах синхронометра Ч7-37 (Код Времени 1 и Код Времени 2), в качестве показаний системных часов персонального компьютера Сервера- ШВ СС.

Такой подход выгодно отличается от имеющегося решения, в котором управляющий компьютер Декодера ведет регистрацию величины задержки синтетической ШВ КРТ “time difference”, используя свои собственные внутренние, асинхронные, по отношению к ШВ СС, часы с некалиброванным по частоте задающим генератором. Это особенно актуально, поскольку измерение задержки производится в реальном масштабе времени и каждое измеренное значение ассоциировано с конкретным моментом времени для которого регистрируются данные системой S2.

5.2 Модули управления регистраторами S2-SRT и S2-GRT.



Рабочая панель модуля управления регистратором S2-SRT.



Рабочая панель модуля управления регистратором S2-SRT.

Рассматриваемые модули управления регистраторами S2, рабочие панели которых представлены выше, предназначены для синхронной установки начальных показаний системных часов специализированных управляющих VME- компьютеров.

Модули выполнены по комплиментарной (взаимодополняющей) технологии и рассчитаны на одновременную работу с двумя регистраторами S2 в рамках КПП “САДКО-4”.

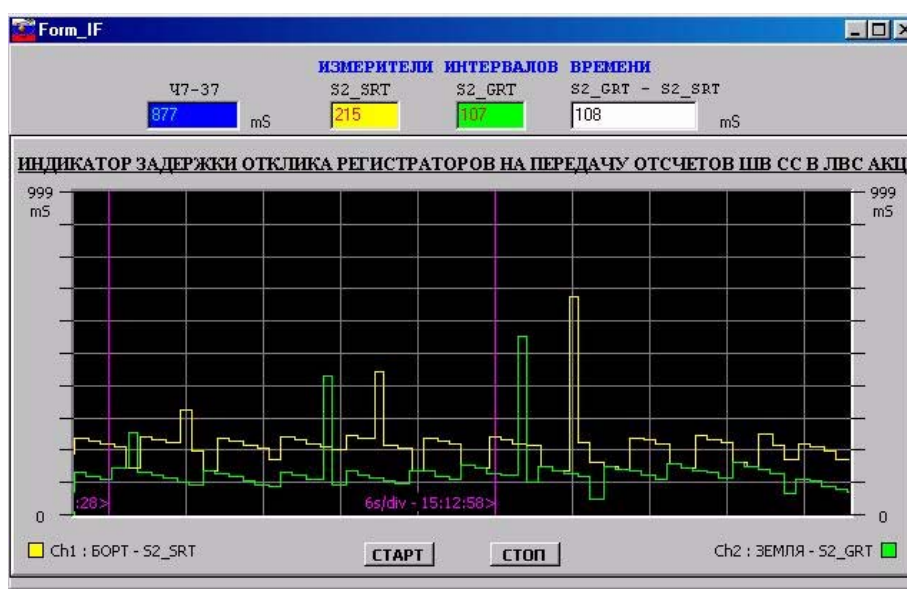
Каждый модуль управления служит инструментом управления одним регистратором (S2-SRT - для космического; S2-SRT - для наземного) интерферометра с рабочего места сервера ШВ СС. Особенность модулей состоит в том, что они обеспечивают функцию автоматизированного измерительного интерфейса. Эта функция основана на свойстве модуля “перехватывать” всю информацию проходящую через стандартный поток ввода/вывода консоли компьютера на основе принципа наследования операций. В результате “перехвата” появляется возможность автоматической селекции сообщений S2 и результатов средств измерений, встроенных в S2. Последующий семантический и численный анализа информации, принимаемой сервером ШВ СС от регистраторов S2, обеспечивает реализацию функции автоматизированного измерительного интерфейса.

Выполненное таким образом техническое решение позволяет с одной стороны полностью соблюсти все эксплуатационные требования к пользовательскому программному обеспечению S2, а с другой, - получить все преимущества, предоставляемые графическим интерфейсом Windows при управлении такими сложными объектами, как радиоинтерферометр [7].

Модуль управление регистратором рассчитан на взаимодействие с регистратором S2 только через сетевые адаптеры ЛВС. Работа модулей соответствует каналному уровню стандартной модели взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI/ISO) [4].

Основной задачей каждого модуля является обеспечение синхронизации показаний системных часов специализированного управляющего VME- компьютера контролируемого сегмента ИНБ. Работа по синхронизации показаний системных часов компьютеров сводится к нажатию оператором сервера ШВ СС кнопок [УСТАНОВКА ВРЕМЕНИ] на панелях модулей управления регистраторами S2. Нажатие на кнопки в обоих модулях могут быть асинхронны, так как перезапись текущего показания синхрометра Ч7-37 в пересчетное устройство системных часов VME- компьютеров производится срезом текущего секундного импульса, поступающего в регистратор S2 по кабелю С1 с выхода формирователя местной шкалы времени окончного информационного прибора одного из плеч интерферометра (Декодер или DAS).

5.3 Модуль встроенного измерителя интервала времени.



Рабочая панель модуля встроенного измерителя интервала времени.

Модуль встроенного измерителя интервала времени предназначен для контроля работы модулей управления регистраторами типа S2, работающих в режиме записи данных радиоастрономических наблюдений. На рабочей панели модуля расположены следующие органы управления и контроля:

- голубое окно Ч7-37 алфавитно-цифрового индикатора текущего значения оцифрованного положения фронта ежесекундных импульсов ШВ СС, принятого от синхрометра Ч7-37 (миллисекундный сегмент кода, рассмотренного выше формата);
- желтое окно S2-SRT алфавитно-цифрового индикатора текущего значения задержки между моментом смены значения секундного сегмента кода, принятого от синхрометра Ч7-37, и моментом смены значения секундного сегмента кода, принятого от регистратора данных S2 SRT;
- зеленое окно S2-GRT алфавитно-цифрового индикатора текущего значения задержки между моментом смены значения секундного сегмента кода, приня-

того от синхронометра Ч7-37, и моментом смены значения секундного сегмента кода, принятого от регистратора данных S2 GRT;

- белое окно S2-GRT – S2-SRT алфавитно-цифрового индикатора текущего значения арифметической разницы между значениями в желтом и зеленом индикаторных окнах;
- панель осциллографического индикатора для графического отображения вычисляемых значений задержек в реальном масштабе времени;
- две кнопки СТАРТ и СТОП управления горизонтальной разверткой осциллографического индикатора.

Численные значения во всех, рассмотренных выше, окнах имеют размерность миллисекунд.

Ниже, на отдельной панели, расположен экран графического представления значений задержки между моментами смены значений в секундных сегментах кодов. Линии желтого цвета соответствуют показаниям в желтом окне (S2-SRT) алфавитно-цифрового индикатора. Линии зеленого цвета соответствуют показаниям в зеленом окне (S2-GRT) алфавитно-цифрового индикатора.

Таким образом, каждой горизонтальной линии соответствуют данные, получаемые от соответствующего регистратора S2. Вывод информации на экран производится по осциллографической двухканальной технологии с фиксированной длительностью развертки по горизонтальному каналу. Период развертки равен 60 секундам. Дискрет горизонтальной шкалы равен 6 секундам. Принимаемые данные автоматически сопоставляются с текущим масштабом времени ШВ СС и отображаются в виде вертикальных визирных линий лилового цвета. Период формирования визирных линий составляет 30 секунд. Каждая визирная линия отмечается маркером с обозначением текущего оцифрованного момента времени ШВ СС.

Градуировка вертикального канала также фиксирована и рассчитана на максимальное отклонение, равное 1 секунде для шкал времени ИСС и ИЗРТ. Дискрет вертикальной шкалы составляет 1 мс.

В нижней части панели графического индикатора расположены две кнопки [СТАРТ] и [СТОП]. Кнопки предназначены для управления работой горизонтальной развертки осциллографического индикатора и обеспечивают возможность сохранения осциллограмм в памяти сервера ШВ СС.

Рассматриваемый модуль может работать в режиме “тайм-лага” с регистрацией полученных и вычисленных значений в ежеминутные файлы данных на жестком диске сервера ШВ СС. Модуль обеспечивает также формирование индексных массивов баз данных измерений реального времени для станции слежения проекта “РАДИОАСТРОН”.

6. Результаты тестирования технического решения по обеспечению синхронизации компьютерных сегментов ИНБ.

Для оценки качества технического решения аппаратной реализации системы синхронизации компьютерных сегментов ИНБ был выполнен комплекс сравнительных измерений изменений сдвига ШВ S2-SRT и ШВ S2-GRT. По условиям измерений оба регистратора работали в автономном режиме работы системных часов (в качестве генераторов опорных частот использовались встроенные генераторы регистраторов S2) и с произвольным взаимным сдвигом ШВ. Задача определения численного значения взаимного сдвига ШВ обоих регистраторов S2 относительно друг друга решалась путем проведения сеанса сравнительных измерений, которые были выполнены одновременно двумя способами :

- при помощи серийного частотомера ЧЗ-64 в режиме измерителя интервала времени;
- при помощи сервера ШВ СС, подключенного к регистраторам через ЛВС АКЦ, с использованием на сервере КПП “САДКО-4”.

Измерения выполнялись на интервале времени 45 минут с одновременной фиксацией результатов обоими средствами измерений.

Перед проведением измерений все средства и объекты находились во включенном рабочем состоянии не менее 3 часов.

Во время проведения измерений частотомер ЧЗ-64 был подключен к контрольным выходам 1Hz РВ обоих регистраторов S2 и фиксировал интервал времени между фронтами импульсов секундных меток (1pps).

Одновременно с частотомером, к обоим регистраторам S2 через ЛВС АКЦ был подключен сервер ШВ СС, который производил измерение интервала времени между обновлениями показаний индикаторов внутренних часов регистраторов S2, синхронизируемых импульсами секундных меток внутренних ШВ. Все результаты измерений сервера аккумулировались в виде файлов данных.

На микропрограммном уровне формировался калиброванный интервал времени в 1mS для контроля со стороны КПП за изменениями значений в миллисекундном сегменте кода, принимавшемся от синхронизатора Ч7-37.

Результаты измерений представлены в виде графика изменения сдвига ШВ S2-SRT относительно ШВ-GRT на рис.3. Изменение сдвига ШВ обусловлено относительной расстройкой опорных генераторов внутренних часов регистраторов S2, работающих в автономном режиме.

Относительная расстройка номиналов частот опорных генераторов составила 1,6 Е-5. Максимальное различие между результатами сравнительных измерений относительного сдвига ШВ составило 6.35 mS. Эта разница характеризует погрешность измерений интервала времени, возникающую при проведении измерений с использованием ЛВС.

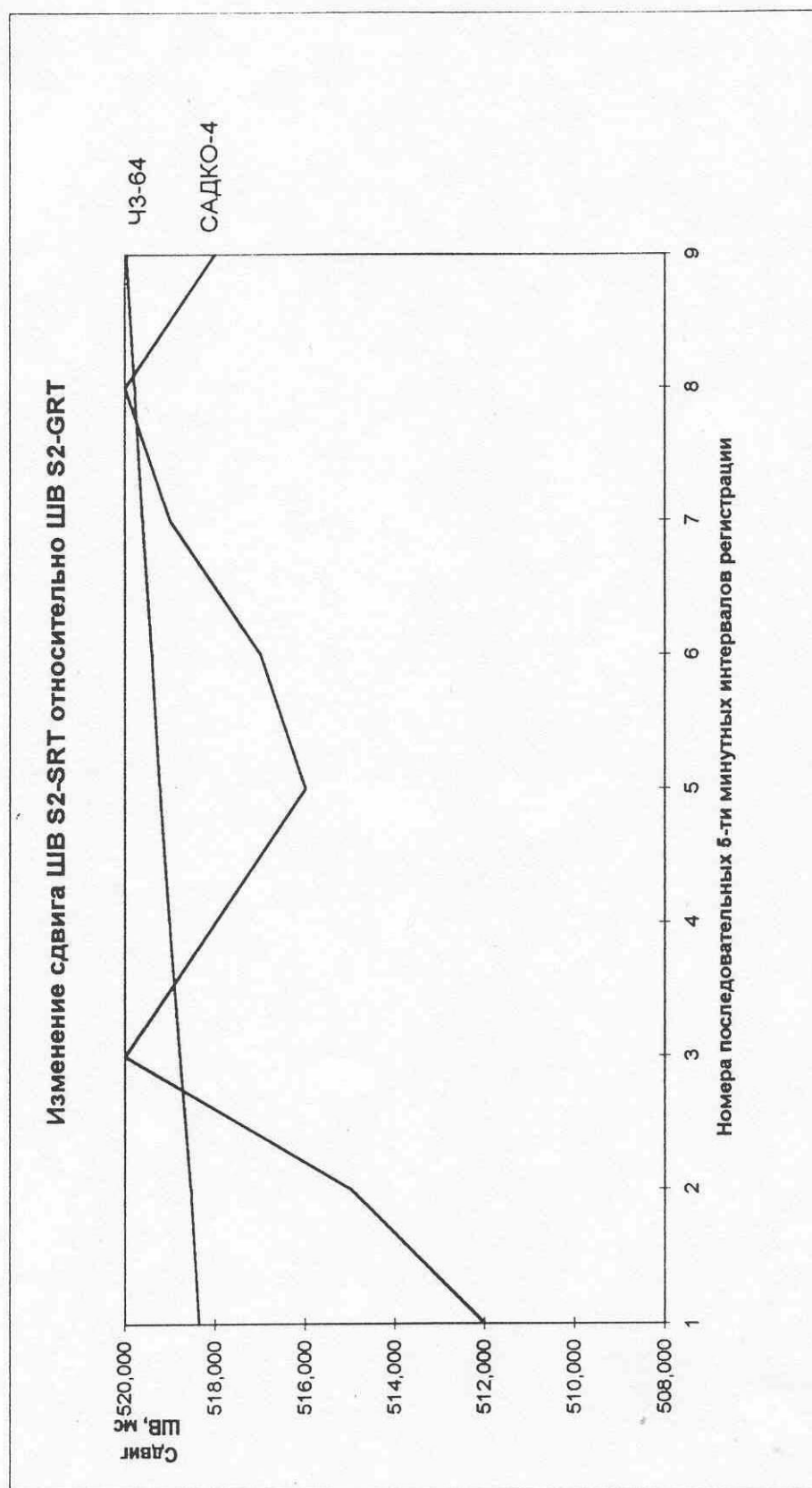


Рис. 3

7. Выводы.

1. Использование ЛВС (на базе Ethernet), с целью синхронизации компьютерных сегментов ИНБ относительно ШВ СС, не обеспечивает точности выше 1mS. Воспроизводимость результатов ограничена случайным характером задержки передачи пакетов информации в вычислительной сети. Вариация величины этой задержки зависит от текущего трафика ЛВС и вектора распределения нагрузки. Вектор распределения нагрузки по ЛВС определяется таблицами маршрутизации (статическими и динамическими) и зависит от конкретной технической реализации ЛВС.
2. Сопоставление полученного решения аппаратной реализации синхронизации компьютерных сегментов с решениями на базе типовых технологий NTP (Network Time Protocol), позволяет сделать вывод о том, что ЛВС может быть использована в качестве средства доставки *только* оцифрованных показаний индикаторов. Передача через ЛВС электрического сигнала, обозначающего момент времени без искажения масштаба времени этого сигнала невозможна.
3. Для оценки степени синхронности компьютерных сегментов ИНБ рекомендуется проведение серии проверочных измерений. Проверочные измерения рекомендуется проводить в течении 30 минут, предшествующих началу процесса записи данных результатов радиоастрономических наблюдений. Предлагаемый интервал времени проверочных измерений позволит оценить степень соответствия отсчетов ШВ в любом компьютерном сегменте ИНБ с погрешностью не хуже $\pm 10\text{мкс}$ относительно ШВ СС. Последнее справедливо только при условии использования выделенной одноранговой ЛВС (зона действия одного маршрутизатора) для связи сервера ШВ СС с регистраторами S2.
4. По результатам тестирования предложенное техническое решение может быть усовершенствовано путем частичного изменения функциональной схемы подключения управляющих компьютеров. Представленный ниже возможный вариант схемы, предполагает использование типового расширенного “принтерного” интерфейса стандарта IEEE-1284.3. Кроме экономичности и универсальности используемого оборудования, к положительному свойству предлагаемого решения можно добавить гарантированное быстродействие (до 2 Мбайт/с). Поскольку кабели, соответствующие IEEE-1284, имеют одинаковые волновые свойства для разных линий, нарушения передачи, связанные с “состязаниями” регламентируются по величине вероятности однократных ошибок ($\text{ERR1} = 3\text{E-16}$) на 1 метр длины соединительного кабеля.

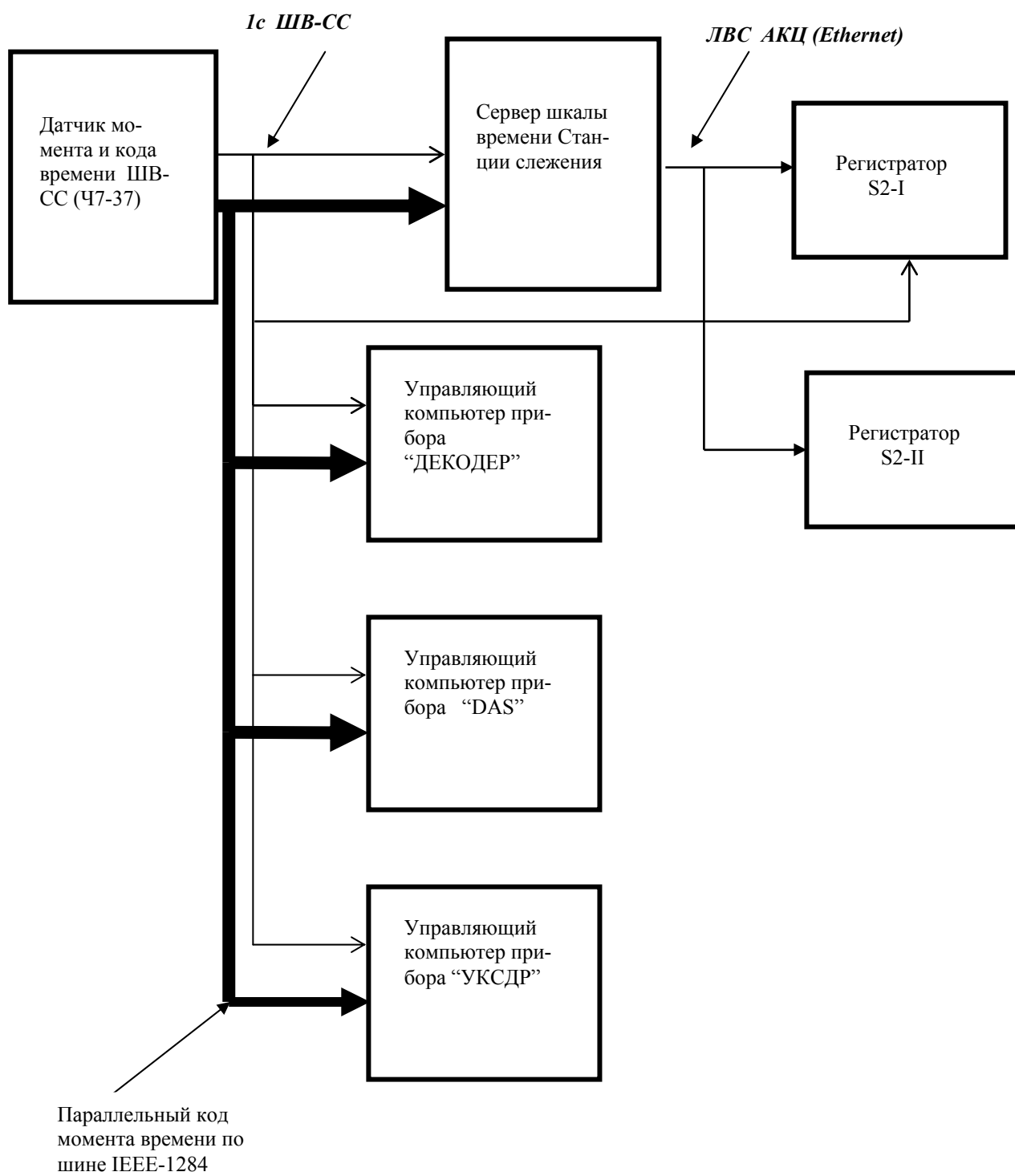


Рис. 4

8. Литература.

1. Программа и Методика комплексных испытаний Радиointерферометра с нулевой базой (проект “Радиоастрон”). Москва, ФИАН, 1999г.
2. Космический Радиотелескоп (КРТ) проекта “Радиоастрон”. Отчет о проведении лабораторных испытаний радиointерферометра с нулевой базой (1 серия). Москва, ФИАН, 2000г.
3. Программа и методика 3-ей серии испытаний интерферометра с нулевой базой (ИНБ-3) проекта “Радиоастрон ” (дополнение к программе ИНБ) Москва.ФИАН.2001год.
4. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - СПб: Издательство “Питер”,2000 -672с.:ил.
5. К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ТЕСТИРОВАНИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРИБОРОВ
ПРОЕКТА “РАДИОАСТРОН”. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ
КОМПЛЕКС “САДКО-2”. к.т.н. Зиновьев А.Н. Доклад на
конференции в ПРАО г.Пущно.2001г.
6. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ пользовательского
программного обеспечения макета блока ввода данных прибора
“КОРРЕЛЯТОР” АКЦ ФИАН 2002 г.
7. The Institute For Space and Terrestrial Science S2-PT. User’s Manual.ver.31(162)
June 1997. North York, Ontario, Canada.