

ИНТЕРНЕТ – ЛАБОРАТОРИЯ

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**«ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ
СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ»**

**Власов И.Б., Мыкольников Я.В., Семенов Д.В.,
Шумов А.В.**

В МГТУ им. Н.Э. Баумана создана Интернет-лаборатория «Глобальные навигационные спутниковые системы», предусматривающая проведение удаленных лабораторных работ по исследованию характеристик навигационной аппаратуры. Созданный программно-аппаратный комплекс является *базовым учебно-методическим средством поддержки удаленных сетевых практикумов по глобальным навигационным спутниковым системам.*

Сайт Интернет - лаборатории «Глобальные навигационные спутниковые системы» доступен в рабочее время по адресу <http://lab-gnss.bmstu.ru> . Через данный ресурс удаленные пользователи получают возможность управлять режимами работы навигационного оборудования, принимать и обрабатывать поступающие данные с применением статистических методов.

Схема Интернет - лаборатории «Глобальные навигационные спутниковые системы»



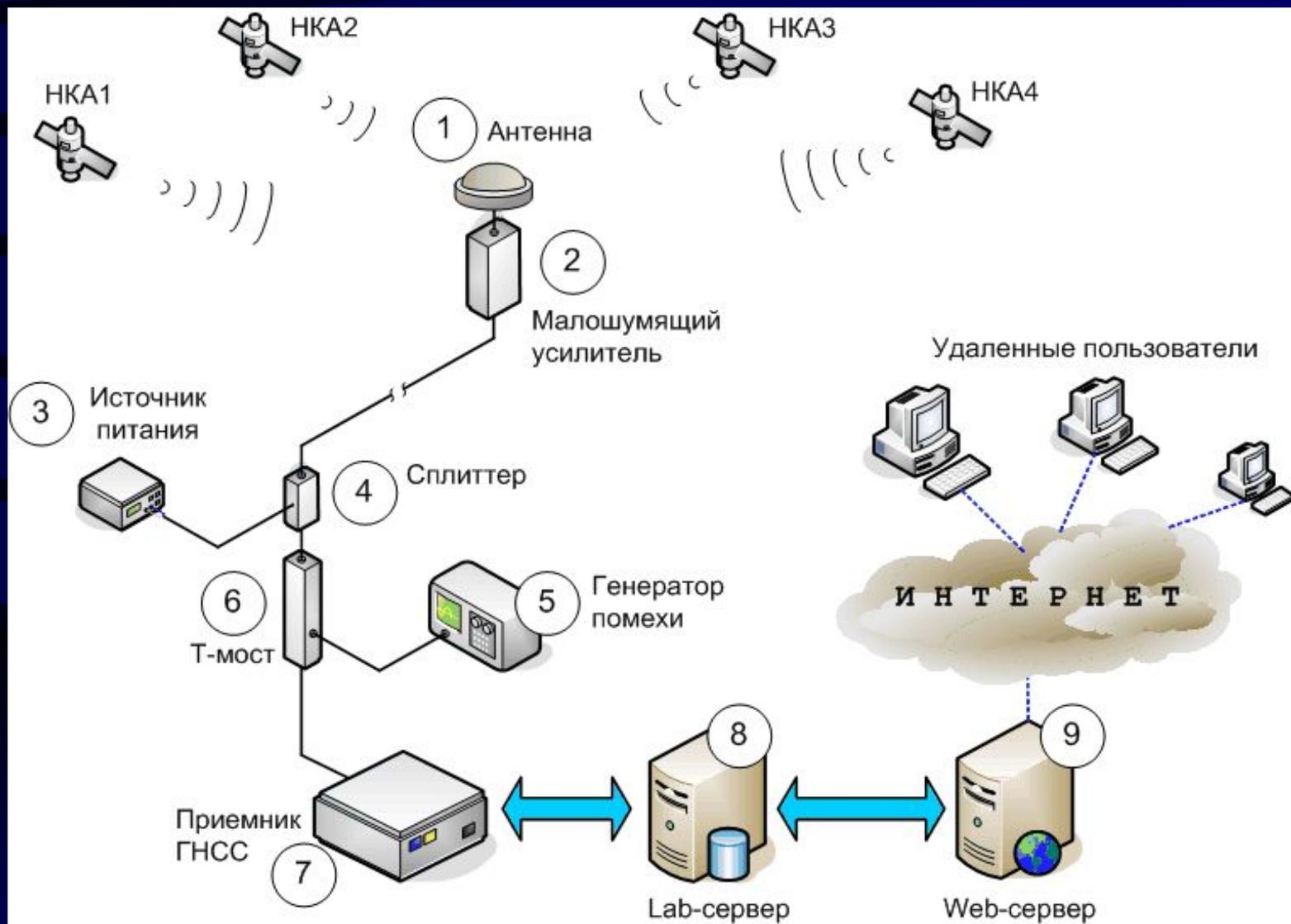
1- Антенна



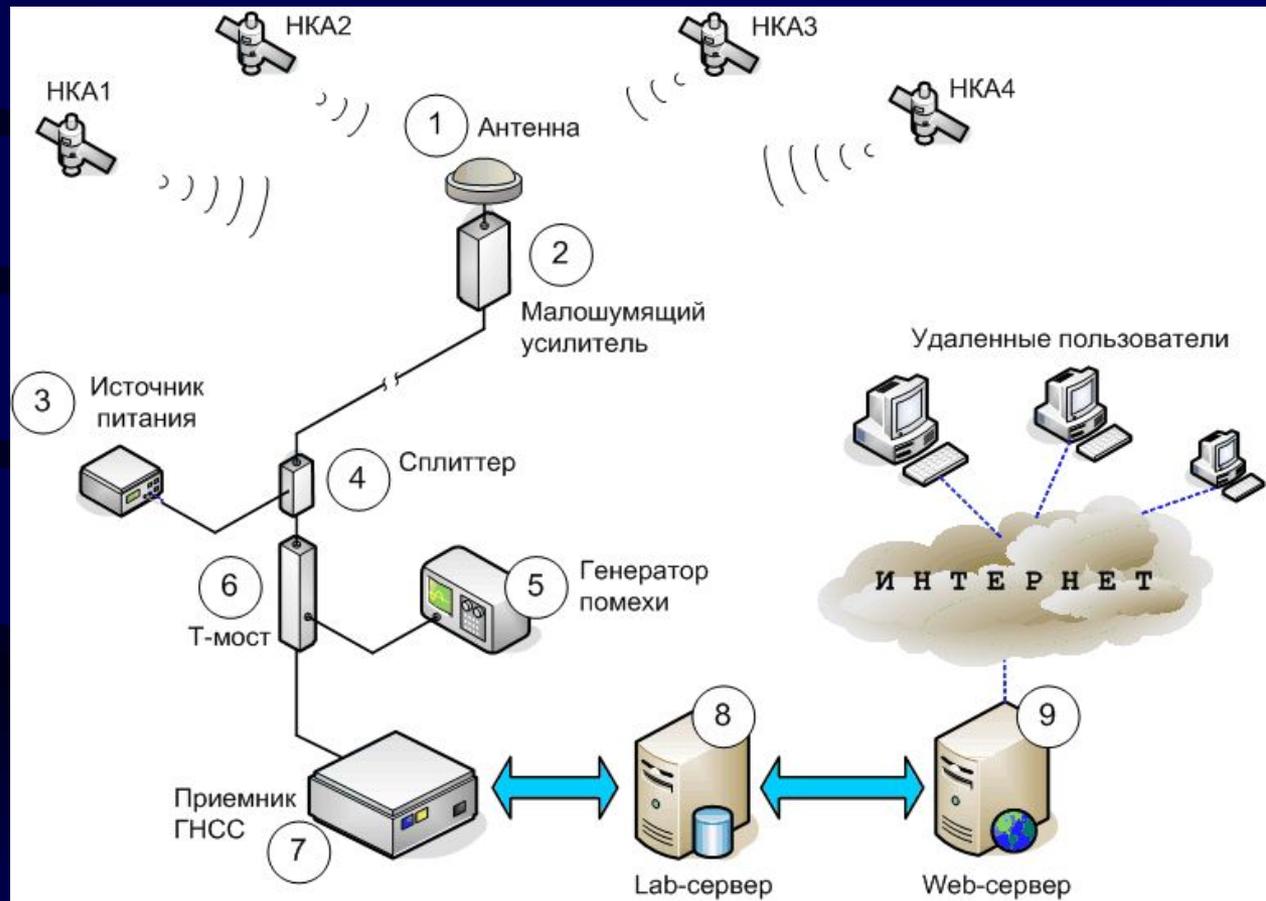
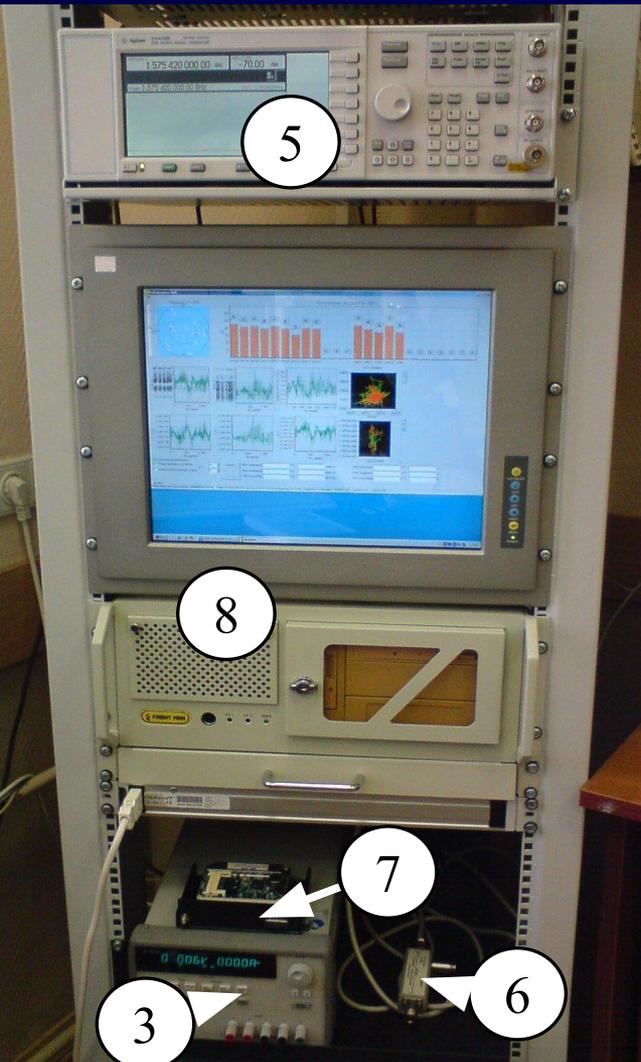
2 - МШУ



4 - Сплиттер



Лабораторный стенд



Сайт Интернет - лаборатории «Глобальные навигационные спутниковые системы»

http://lab-gnss.bmstu.ru/ - Opera

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

Интернет-лаборатория

"Глобальные навигационные спутниковые системы"



Кафедра "Радиоэлектронные системы и устройства"
НИИ "Радиоэлектронной техники"

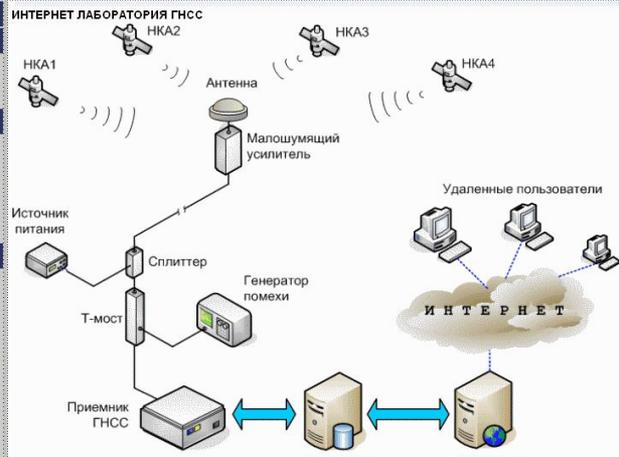
LAB GNSS BMSTU - Opera

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

Интернет-лаборатория

"Глобальные навигационные спутниковые системы"

ИНТЕРНЕТ ЛАБОРАТОРИЯ ГНСС	
УЧЕТНЫЕ ЗАПИСИ	
Вход в систему	
Регистрация	
Восстановление пароля	
Контактная информация	
Оборудование	
Антенна	
Маломощный усилитель	
Лабораторный стенд	
Сплиттер	
Т-мост	
ГНСС приемник	
Источник питания	
Генератор помехи	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	
Основные понятия и определения	
Обобщенная структура ГНСС	
Системы отсчета (шкалы), используемые в ГНСС	
Системы координат, применяемые в ГНСС	
Методы измерения навигационных параметров	
Краткие сведения о сигналах, применяемых в ГНСС	
Принципы построения навигационной аппаратуры потребителя	
Точность навигационно-временных определений в ГНСС	
Помехоустойчивость/помехозащищенность	
Список литературы	
ОПИСАНИЕ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	
Исследование точности навигационного оборудования	
Исследование помехозащищенности	



Источники питания, Антенна, Маломощный усилитель, Генератор помехи, Сплиттер, Т-мост, Приемник ГНСС, Lab-сервер, Web-сервер, Удаленные пользователи, ИНТЕРНЕТ

Приемная антенна с маломощным усилителем установлена на крыше главного корпуса МГТУ им. Баумана на высоте около 70 м для обеспечения приема радиосигналов максимального возможного количества навигационных космических аппаратов (НКА). По центральной жиле высококачественного кабеля с помощью сплиттера подается напряжение питания на усилитель с одновременной развязкой его с радиочастотными сигналами НКА, поступающими от усилителя через Т-мост в навигационную аппаратуру потребителя (НАП) – приемник ГНСС. Соединение приемника с управляющим компьютером (Lab-сервером) осуществляется по интерфейсу RS-232. Информационный обмен между приемным устройством и Lab-сервером поддерживается по протоколам BINARY и NMEA-0183. Первый используется для настройки режимов работы НАП, а второй – для получения навигационных параметров. Обмен данными между Lab-сервером и Web-сервером происходит по сети Ethernet. Подключение терминалов удаленных пользователей осуществляется по протоколу TCP/IP через сеть Интернет.

Описание оборудования лабораторного стенда

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

Интернет-лаборатория

"Глобальные навигационные спутниковые системы"

ИНТЕРНЕТ ЛАБОРАТОРИЯ ГНСС

УЧЕТНЫЕ ЗАПИСИ

- Вход в систему
- Регистрация
- Восстановление пароля
- Контактная информация

Оборудование

- Антенна
- Малошумящий усилитель
- Лабораторный стенд
- Сплиттер
- T-мост
- ГНСС приемник
- Источник питания
- Генератор помехи

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

- Основные понятия и определения
- Обобщенная структура ГНСС
- Системы отсчета (шкалы), используемые в ГНСС
- Системы координат, применяемые в ГНСС
- Методы измерения навигационных параметров
- Краткие сведения о сигналах, применяемых в ГНСС
- Принципы построения навигационной аппаратуры потребителя
- Точность навигационно-временных определений в ГНСС
- Помехоустойчивость/помехозащищенность
- Список литературы

ОПИСАНИЕ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

- Исследование точности навигационного оборудования
- Исследование помехозащищенности

Оборудование



Антенна ГЛОНАСС / GPS



Малошумящий усилитель (МШУ)



Сплиттер



T-мост



ГНСС приемник



Источник питания

Интернет-лаборатория

"Глобальные навигационные спутниковые системы"

Малошумящий усилитель



Малошумящий усилитель (МШУ) предназначен для усиления и предварительной фильтрации сигналов НКА. Устанавливается на крыше непосредственно под антенной.

Технические характеристики

- Диапазон рабочих частот 1573-1612 МГц
- Коэффициент усиления 30 дБ
- Коэффициент шума 2,5 дБ
- Напряжение питания 9В
- Ток потребления 40 мА

Теоретические сведения

LAB GNSS BMSTU - Windows Internet Explorer предоставлен: Mail.Ru

http://www.lab-gnss.bmstu.ru/scripts/index.php?page=theory_5

ИЗБРАННОЕ LAB GNSS BMSTU

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

Интернет-лаборатория

"Глобальные навигационные спутниковые системы"

Пользователь: Иван Валерьевич Вход в личный кабинет Выход из системы

ИНТЕРНЕТ ЛАБОРАТОРИЯ GNSS

УЧЕТНЫЕ ЗАПИСИ

- Вход в систему
- Регистрация
- Восстановление пароля
- Контактная информация

Оборудование

- Антенна
- Малошумящий усилитель
- Лабораторный стенд
- Сплиттер
- T-мост
- GNSS приемник
- Источник питания
- Генератор помехи

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

- Основные понятия и определения
- Обобщенная структура GNSS
- Системы отсчета (шкалы), используемые в GNSS
- Системы координат, применяемые в GNSS
- Методы измерения навигационных параметров
- Краткие сведения о сигналах, применяемых в GNSS
- Принципы построения навигационной аппаратуры потребителя
- Точность навигационно-временных определений в GNSS
- Помехоустойчивость/помехозащищенность
- Список литературы

ОПИСАНИЕ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Системы координат, применяемые в GNSS

Движение НКА происходит под действием сил инерции и гравитационного поля Земли. Соответственно, его движение описывается в системе координат, центр которой совпадает с центром масс Земли, т. е. геоцентрической системе (ГЦСК). Классической системой координат, в которой описывается траекторное движение НКА, является инерциальная геоцентрическая система $Ox_0y_0z_0$.

Ось Ox_0 лежит в плоскости экватора и направлена в точку небесной сферы, называемую точкой весеннего равноденствия, точкой Весны или точкой Овна (обозначается знаком созвездия Овна: ♈).

Геоцентрические системы координат

xplorer предоставлен: Mail.Ru

scripts/index.php?page=theory_7

навигационных сигналов ГЛОНАСС. Рассмотрим основные этапы этого процесса.

Находящиеся в эксплуатации в настоящее время НКА ГЛОНАСС и первые экземпляры ГЛОНАСС-М используют сигналы в диапазонах L1 и L2, структура и параметры которых несколько различаются, поэтому подробно рассмотрим сигналы диапазона L1, а затем коротко - отличия сигналов диапазона L2.

В диапазоне L1 излучаемый сигнал подвергается относительной фазовой манипуляции (ОФМ) на угол π двумя псевдослучайными последовательностями - ПСП1 и ПСП2. Ортогональность, т. е. отсутствие взаимного влияния при передаче ПСП1 и ПСП2, обеспечивается благодаря использованию фазовых квадратур, т. е. двух компонент несущей, сдвинутых по фазе на 90° .

Первая ПСП образуется сложением по mod2 трех двоичных сигналов:

- дальномерного кода стандартной точности (СТ), представляющего собой последовательность максимальной длины (M-последовательность) с тактовой частотой 511 кГц и периодом 1 мс (иногда в литературе для обозначения этого кода используется аббревиатура ПТ-код, т. е. код пониженной точности);
- сигнала навигационной информации (НИ) с тактовой частотой 50 Гц, передаваемого с помощью ОФМ в виде строк длительностью 2 с;
- сигнала тактовой синхронизации в виде меандра с частотой 100 Гц.

Принцип формирования ПСП1 поясняется рис.

Последовательность символов НИ ($\tau_c = 20$ мс)

Последовательность символов МВ ($T_{MB} = 0,3$ с, $\tau_c = 10$ мс)

Последовательность из 511 символов СТ-кода ($T_{ПСП} = 1$ мс, $\tau_c = 2$ мкс)

Преобразование в относительный код

Задержка на символ

ИЛИ

К модулятору передатчика

Строка НИ (бидвоичный код) ($T_{НИ} = 1,7$ с, $\tau_c = 10$ мс)

Символы ОФМ ($\tau_c = 20$ мс)

Последовательность информационных и проверочных символов ($\tau_c = 20$ мс)

Меандр тактовой синхронизации ($\tau_m = 10$ мс)

Схема формирования модулирующей последовательности (ПСП1)

Авторизация пользователя

LAB GNSS BMSTU - Windows Internet Explorer предоставлен: Mail.Ru

http://www.lab-gnss.bmstu.ru/scripts/index.php?page=account_enter

Избранное LAB GNSS BMSTU

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

Интернет-лаборатория

"Глобальные навигационные спутниковые системы"



ИНТЕРНЕТ ЛАБОРАТОРИЯ ГНСС

Пользователь: Иван Валерьевич СИСТЕМЫ

УЧЕТНЫЕ ЗАПИСИ

- Вход в систему
- Регистрация
- Восстановление пароля
- Контактная информация

Оборудование

- Антенна
- Маломощный усилитель
- Лабораторный стенд
- Сплиттер
- T-мост
- ГНСС приемник

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

- Основные понятия и определения
- Обобщенная структура ГНСС
- Системы отсчета (шкалы), используемые в ГНСС
- Системы координат, применяемые в ГНСС
- Методы измерения навигационных параметров
- Краткие сведения о сигналах, применяемых в ГНСС
- Принципы построения навигационной аппаратуры потребителя
- Точность навигационно-временных определений в ГНСС
- Помехоустойчивость/помехозащищенность
- Список литературы

ОПИСАНИЕ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

- Исследование точности навигационного оборудования
- Исследование

Вход в систему

Для входа в систему введите свой

E-mail:

password:

LAB GNSS BMSTU - Windows Internet Explorer предоставлен: Mail.Ru

http://www.lab-gnss.bmstu.ru/scripts/index.php?page=account_registration_form

Избранное LAB GNSS BMSTU

УЧЕТНЫЕ ЗАПИСИ

- Вход в систему
- Регистрация
- Восстановление пароля
- Контактная информация

Оборудование

- Антенна
- Маломощный усилитель
- Лабораторный стенд
- Сплиттер
- T-мост
- ГНСС приемник
- Источник питания
- Генератор помехи

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

- Основные понятия и определения
- Обобщенная структура ГНСС
- Системы отсчета (шкалы), используемые в ГНСС
- Системы координат, применяемые в ГНСС
- Методы измерения навигационных параметров
- Краткие сведения о сигналах, применяемых в ГНСС
- Принципы построения навигационной аппаратуры потребителя
- Точность навигационно-временных определений в ГНСС
- Помехоустойчивость/помехозащищенность
- Список литературы

ОПИСАНИЕ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

- Исследование точности навигационного оборудования
- Исследование

Регистрация

Для регистрации вам необходимо заполнить небольшую анкету (Поля, отмеченные звездочкой *, обязательны для заполнения):

E-mail:*

Фамилия:*

Имя:*

Отчество:

Должность:

Для обеспечения конфиденциальности Вашей информации, минимальная длина поля "пароль" - 6 символов.

пароль:*

повтор пароля*

Для возможности восстановления пароля введите контрольный вопрос и ответ на него:*

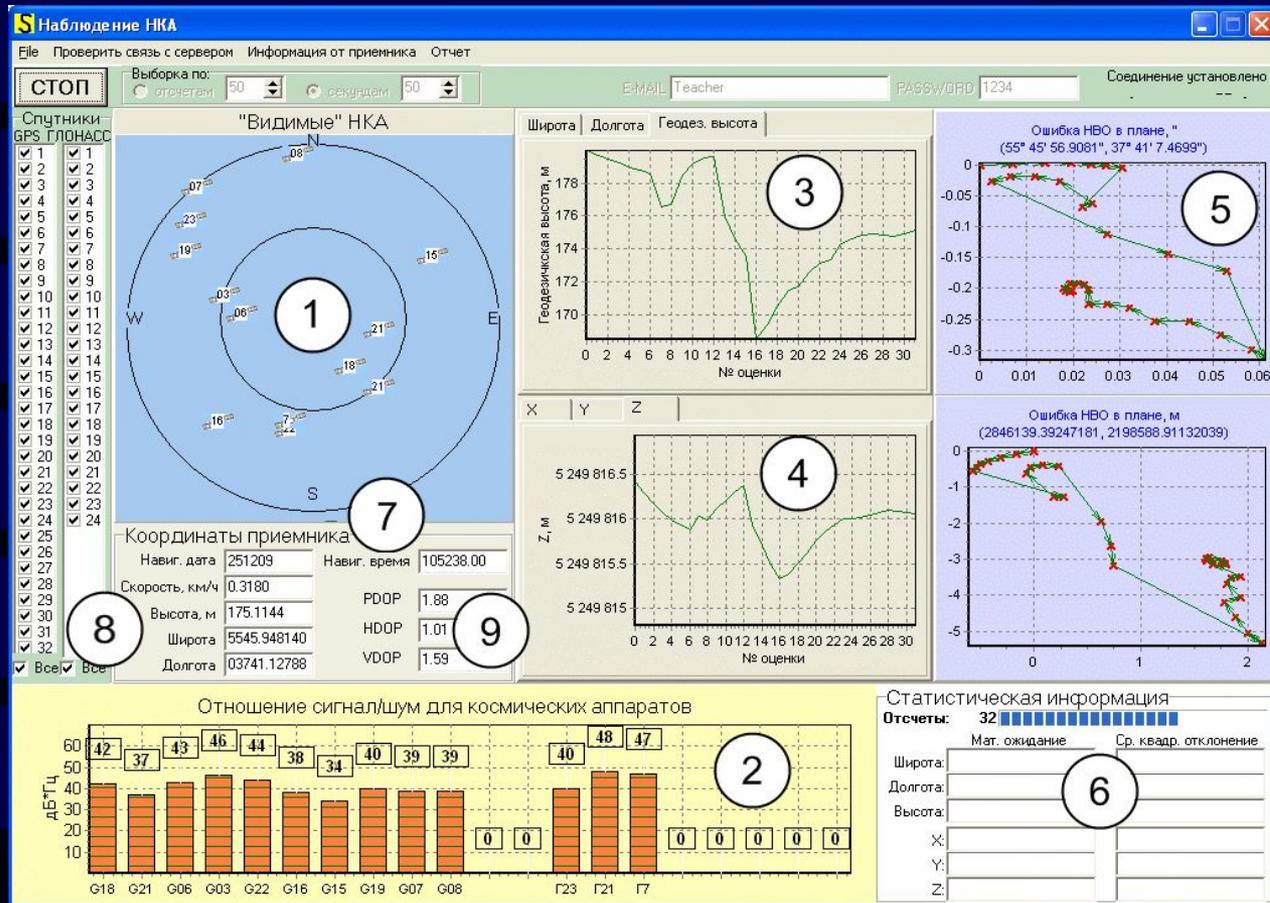
Вопрос:

Ответ:

Для возможности проведения лабораторных работ укажите номер вашей группы:*

Номер телефона

Интерфейс удаленного пользователя



- 1 - диаграмма наблюдаемых НКА,
- 2 - отношение сигнал/шум в каналах приемника,
- 3 - геодезические координаты,
- 4 - геоцентрические координаты,
- 5 - разброс координат в плане,

- 6 - результаты статистической обработки,
- 7 - текущая дата и время,
- 8 - вектор состояния потребителя,
- 9 - геометрический фактор.

Клиентское программное обеспечение позволяет:

- управлять режимами работы навигационного приемника;
- работать по одной из систем ГЛОНАСС или GPS, а также в совмещенном режиме;
- изменять количество НКА, используемых в решении навигационной задачи и геометрию наблюдаемого созвездия;
- в реальном масштабе времени исследовать точностные характеристики приемника при изменении числа наблюдаемых НКА, а также геометрии наблюдаемого созвездия;
- формировать отчет по результатам полученных измерений;
- сохранять данные, полученные от навигационного приемника для каждого эксперимента.

Принцип работы

Перед установлением связи с Web-сервером удаленный пользователь выбирает НКА из перечня спутников систем ГЛОНАСС и GPS, устанавливает объем статистической выборки (или времени сбора навигационной информации), а также логин и пароль. При нажатии кнопки «СТАРТ/СТОП» осуществляется подключение к серверу Интернет-лаборатории, а после автоматической перенастройки режимов работы приемника в соответствии с заданными пользователем параметрами начинается сбор результатов измерений. Во время получения данных в окне программы удаленного пользователя отображаются:

- диаграмма наблюдаемых НКА,
- информации о текущем векторе состояния потребителя в геодезической системе координат, дата и время, составляющие геометрического фактора,
- отношение сигнал/шум по каждому НКА в каналах приемника,
- графики полученных значений геодезических и геоцентрических координат по номеру отсчета,
- диаграммы ошибок навигационно-временных определений вектора состояния.

Принцип работы (продолжение)

В отдельном окне пользователь *имеет возможность наблюдать* поступающие от приемника *результаты навигационных измерений* и служебную информацию по спутниковым группировкам в формате NMEA-0183, что *позволяет ему получить представление о протоколе обмена данными* между навигационной аппаратурой потребителя и компьютером.

По окончании сбора указанного пользователем количества результатов навигационных измерений удаленное соединение автоматически закрывается. По полученной выборке осуществляется статистический расчет математических ожиданий и среднеквадратичных отклонений координат в геодезической и геоцентрической системах.

В отдельном окне формируется отчетная информация о проведенной серии экспериментов в табличном и графическом виде. При этом пользователь может включать или исключать из отчета данные отдельных сеансов связи.

Особенности работы клиентского ПО

Длительность одного эксперимента (сеанса связи с оборудованием) ограничена указанным пользователем объемом выборки (*максимум 100 измерений*) или временем сбора данных (до 100 с). В соответствии с разработанной методикой студенты выполняют серию экспериментов для различных конфигураций созвездия (количество и геометрия) наблюдаемых НКА и объемов выборки.

Описанный подход позволяет значительно увеличить пропускную способность Интернет-лаборатории по сравнению с вариантом монопольного захвата управления оборудованием одним пользователем, поскольку все *действия по выбору режимов работы аппаратуры и анализу информации пользователь осуществляет автономно без подключения к Web-серверу*, который в этот момент времени может обрабатывать запрос другого удаленного пользователя.

Спасибо за внимание!

Сайт Интернет – лаборатории
«Глобальные навигационные спутниковые системы»
доступен в рабочее время по адресу:

<http://lab-gnss.bmstu.ru>