

УДК 621.396
05.12.14

Удаленный сетевой практикум «Спутниковая угломерная навигационная аппаратура потребителя»

05, май 2012

Леонов Р.О.

*Студент,
кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»*

*Научный руководитель: Я.В. Мыкольников
н.с. НИИ РЭТ МГТУ им. Н.Э. Баумана*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Введение

Удаленный сетевой практикум предназначен для проведения комплекса лабораторных занятий в режиме удаленного доступа на промышленном образце навигационного приемника с угломерным каналом, изучения особенностей работы спутниковой навигационной угломерной аппаратуры в рамках специализированных учебно-методических комплексов (УМК) по спутниковой радионавигации.

Целями лабораторной работы являются: ознакомление с серийным образцом угломерной навигационной аппаратуры потребителя (НАП) МРК-32, изучение принципа определения угловой ориентации объекта по сигналам спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS, получение первичных навыков работы с угломерной НАП.

Лабораторный практикум входит в состав Интернет-лаборатории «Глобальные навигационные спутниковые системы» (ГНСС) [1] и используется в учебном процессе кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Данный ресурс также доступен и для учебных центров, осуществляющих повышение квалификации и переподготовку специалистов в области спутниковой навигации. Так, например, результаты разработки практикума были использованы при создании учебного центра ОАО «Российские космические системы» [2].

1 Состав лабораторного стенда, структурная схема и принцип работы

В состав аппаратной части комплекса БУМС входят следующие устройства и оборудование:

- 1- ГНСС приемник с угломерным каналом МРК-32 (МРК-11 ПрМ-16);
- 2- Антенная система МРК-32 (МРК-11АП-УМ);
- 3- Поворотное устройство;
- 4- Контроллер поворотного устройства;

- 5- Источник питания ГНСС приемника;
- 6- Лабораторный сервер;
- 7- Интернет-сервер.

На рис.1 представлено схематичное изображение элементов оборудования БУМС и их взаимодействие между собой.

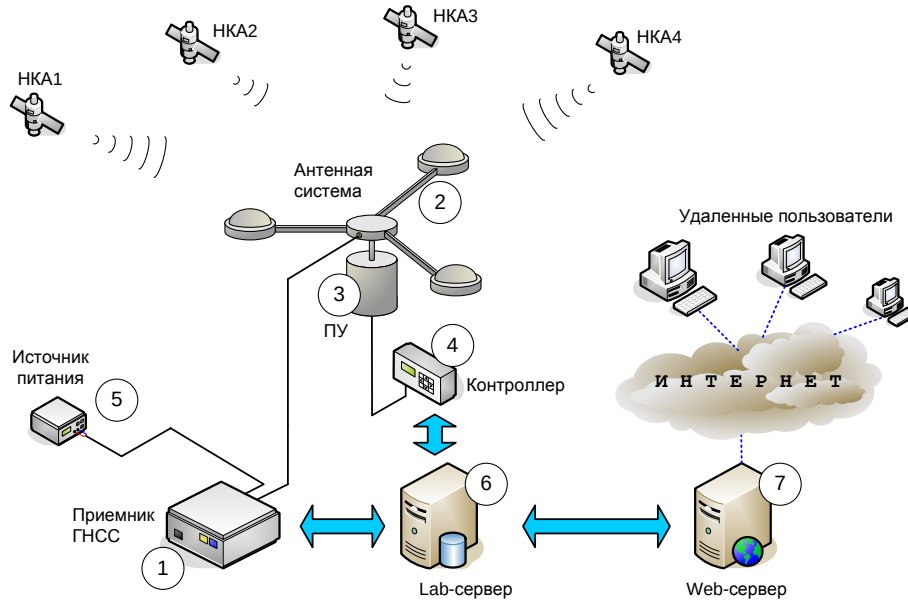


Рис.1 – Структурная схема лабораторного стенда

Сигналы от навигационных спутников принимаются антенной системой (АС) МРК-11АП-УМ (2), установленной на поворотное устройство (3) (ПУ) и размещенной на крыше главного корпуса МГТУ им. Баумана. Основным элементом АС является трехантенный интерферометр, который включает в себя три микрополосковые антенны диаметром около 100 мм и модулятор, размещенных на раме в виде медиан равностороннего треугольника со стороной около 1,0 м. (см. рис.2). Принцип угловых измерений в такой системе заключается в сопоставлении угла наклона линии визирования на НКА к плоскости базовых линий с разностью фаз в точках приема сигнала НКА. Затем осуществляется перерасчет значения угла ориентации плоскости антенной системы в заданной системе координат [3].

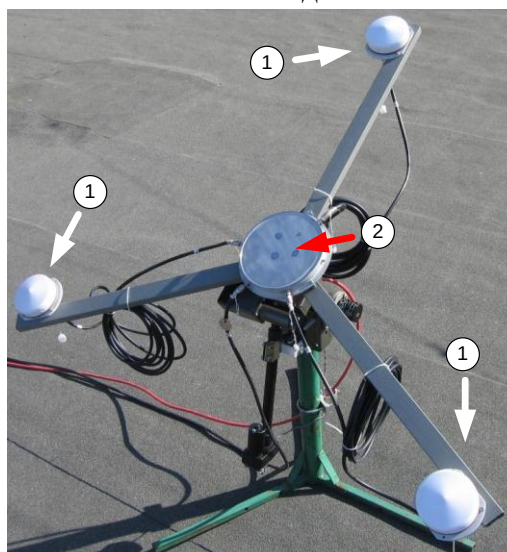


Рис.2 – Антенная система с поворотным устройством

Сигналы от каждой антенны по ВЧ-кабелям поступают на три входа блока модулятора (2), а затем с его выхода через соединительный ВЧ-кабель на приемный модуль (1) МРК-32 (МРК-11 ПрМ-16). Антенная рама закреплена на поворотном устройстве (3), обеспечивающем изменение пространственной ориентации антенной системы по двум угловым координатам (азимут и тангаж). Управляющие сигналы от контроллера (4) по многожильному кабелю поступают на поворотное устройство. Информационный обмен между контроллером и лабораторным сервером (6), связь с которым осуществляется по сети Интернет (7). Контроллер ПУ (рис. 3) и приемный модуль МРК-32 (рис. 4) расположены в технологическом помещении. Расстояние между антенным постом и приемным модулем составляет 15 м.



Рис. 3 – Контроллер ПУ



Рис. 4 – Приёмный модуль МРК-32

С выхода блока модулятора антенной системы суммарный сигнал от трех антенн, каждый из которых имеет дополнительную фазовую манипуляцию меандром определенной частоты, поступает на вход навигационного приемника с угломерным каналом МРК-32. Аппаратура МРК-32 обеспечивает определение углов азимута с систематической погрешностью не более 10' и среднеквадратическим отклонением не более 40', а также углов тангажа и крена с систематической погрешностью не более 20' и среднеквадратическим отклонением не более 80' с базовыми расстояниями между антенными модулями 0,7 м.

При увеличении базового расстояния между антенными модулями среднеквадратическая погрешность определения углов снижается.

Вычисленные значения координат и угловой ориентации антенного поста в формате NMEA поступают по последовательному интерфейсу (RS-232) в лабораторный сервер (6), а затем через Web-сервер (7) и сеть Интернет к терминалам удаленных пользователей.

Таким образом, пользователь имеет возможность дистанционно управлять пространственным положением антенной системы и режимами работы навигационного приемника, получать результаты навигационных и угловых измерений, а также выполнять статистическую обработку полученных данных.

2 Удаленное управление

Как было сказано ранее, основной задачей было осуществление удаленного изменения пространственного положения антенной системы. Для этого было реализовано программно-аппаратное решение, которое решало следующие задачи:

- получение данных о требуемом угловом положении антенной системы от потребителя;
- обработка полученных данных и установка требуемого положения антенной системы;

- снятие данных с датчиков углового положения поворотного устройства и поддержание требуемого положения в пределах допустимой ошибки установки координат;
- отправка данных об установленном угловом положении потребителю.

Для решения данных задач, был создан контроллер поворотного устройства на базе микропроцессора STM32f100 фирмы ST. Так же к нему было создано программное обеспечение, которое позволяло работать блоку в нескольких режимах работы. В одном из них – «USB режим» и была реализована возможность дистанционно управлять двигателями поворотного устройства. Алгоритм режима работы представлен на рис. 5.



Рис. 5 – Алгоритм обработки команд

Структура выполнения команд выглядит следующим образом: блок управления находится в одном из предусмотренных режимов работы – автоматическом. В этом режиме процессор находится в постоянном ожидании команд, приходящих с клиентского ПК. В случае, если от клиента приходит одна из команд, и она соответствует какой-либо из предусмотренных протоколом, то процессор переходит в режим выполнения команды. Так как протоколом работы предусмотрена возможность остановки выполнения любой из команд при помощи команды RESET, то при выполнении команды происходит отслеживания флага выполнения команды. Если он установлен, значит, была прислана команда на отмену выполнения предыдущей команды и процессор перейдет в ожидание следующей команды. Полная схема обработки процессором изображена на рис. 5.

3 Интерфейс пользователя

Интерфейс пользователя представляет собой пакетную программу, которая имеет следующий внешний вид (рис. 6). Пользовательское окно делится на несколько окон, которые предоставляют клиенту следующие данные:

- диаграмма наблюдаемых НКА в данный момент времени (1);
- отношение сигнал/шум в каналах приёмника (2);
- окно расчета статистики решения навигационной задачи (НЗ) (3);
- координаты приёмника (4);
- выбор НКА ГЛОНАСС/GPS, используемых в решении НЗ (5);
- установка ориентации антенной системы (6);
- угломерные данные (7)

Блок управления отвечает только за последние два пункта – окна установки ориентации антенной системы и угломерные данные (6 и 7). В окне установки ориентации антенной системы (6) пользователь задаёт координаты антенной системы, после чего последняя начинает постепенно устанавливаться в положение, заданное вручную. Одновременно с этим изменяются показатели в окне угломерных данных (7), которые индицируют текущее положение антенной системы. Так же подсчитывается статистическая информация, которая позволяет учитывать статистическую погрешность в угловых измерениях.

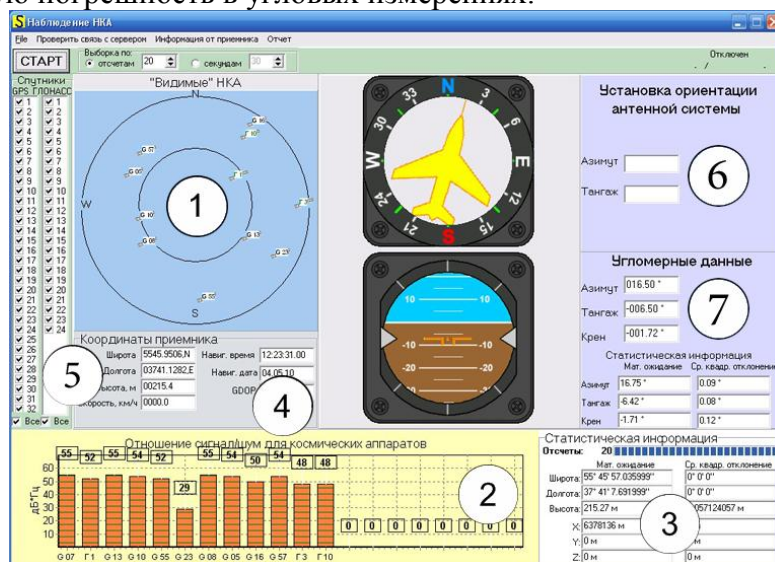


Рис. 6 – Интерфейс пользователя

4 Структурная схема контроллера поворотного устройства

На схеме (рис. 7) представлено подробное описание таких узлов, как блок управления поворотным устройством и само поворотное устройство. Блок управления с одной стороны соединяется с лабораторным сервером посредством USB, а с другой стороны с антенной системой многожильным кабелем. Основным элементом является микропроцессор, который обрабатывает данные с АЦП датчиков углового положения антенной системы, осуществляет их преобразование в значения координат и отправляет значения в программу пользователя. Так же осуществляет отслеживание команд, приходящих от пользователя и их выполнение. Микропроцессор так же обеспечивает отображение информации на дисплее, находящемся на корпусе контроллера поворотного устройства и возможность переключения между режимами, а так же, ручное управления угловым положением антенной системы.

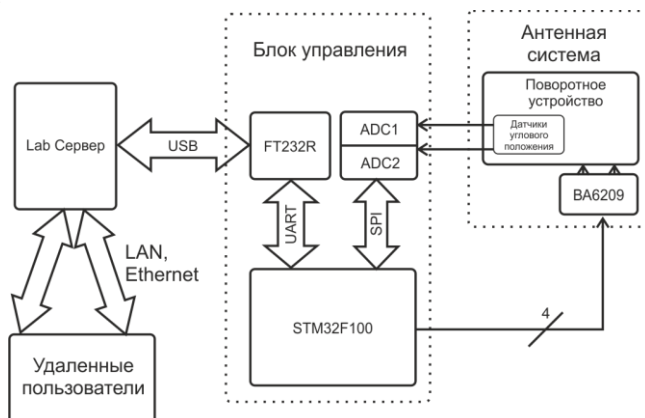


Рис.7 – Схема контроллера поворотного устройства

5 Основные источники погрешности измерений

В данном комплексе, как и в любом РЭА, имеются различные источники погрешности измерений. Погрешности делятся на аппаратные и программные.

Аппаратные погрешности вносятся следующими факторами:

- нестабильность напряжения линейного преобразователя, используемого в угломерных датчиках;
- нестабильность напряжения линейного преобразователя, используемого как опорное напряжение АЦП (неточность измерения АЦП);
- неточность механической установки поворотного устройства;
- неточность шкалы, используемой для определения положения углового положения;

Программные погрешности вносятся следующими факторами:

- конечная точность математического вычисления при преобразовании показаний АЦП в угловые величины

Минимальное значение напряжения, которое может быть измерено АЦП (ADS8320, 16 бит, 100 кГц):

$$U_{вых} = 2^N \cdot \frac{U_{вх}}{U_{оп}},$$

где:

$U_{вых}$ - выходное значение, которое показывает АЦП (0...65536);

$U_{вх}$ - входное значение напряжения на АЦП;

$U_{оп}$ - опорное напряжение на АЦП;

N - разрядность АЦП.

Принимая минимальное приращение выходного значения АЦП $U_{вых} = 1$, рассчитаем минимальное значение напряжения на входе:

$$U_{вх} = \frac{U_{оп} \cdot U_{вых}}{2^N} = \frac{5.01 \cdot 1}{2^{16}} = 76 \times 10^{-6} \text{ В}$$

Таким образом, ошибки, вносимые при аналого-цифровом преобразовании пренебрежимо малы.

Выводы

Разработка учебно-методических комплексов и лабораторных практикумов с поддержкой удаленного доступа является перспективным направлением в новых образовательных технологиях. Удаленный доступ к управлению реальным оборудованием в таких системах осуществляется через специализированный аппаратно-программный комплекс (сервер, контроллеры управления, специальное программное обеспечение и т.п.).

Применение современных цифровых технологий, а именно микропроцессорных систем, сильно упрощает процесс создания контроллеров управления реальным оборудованием в системах дистанционного образования, дает возможность изменения структуры и принципа работы аппаратного комплекса программным путем, а так же снижают стоимость оборудования и позволяют совершенствовать лабораторный комплекс без изменения аппаратной части.

Литература

1. Удаленный сетевой практикум по глобальным навигационным спутниковым системам / Власов И.Б., Гришечкин Б.Ю., Мыкольников Я.В. и др. //

НОТВ: Матер. междунар. научно-метод. конф. – Екатеринбург, 2010. - Т. II. - С. 29 - 32.

2. Учебный центр ОАО «Российские космические системы» URL: http://www.spacecorp.ru/about/centers/innovations/training_center_glonass/ (дата обращения: 12.03.2012).

3. Глобальные навигационные спутниковые системы: Учеб. Пособие. – И.Б. Власов. – 2-е изд., перераб. и доп., 2010 – 200 с.: ил.