

УЧЕБНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ ИМИТАТОРОМ СВЕРХМАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

**А. А. Спиридонов, И. А. Шалатонин, В. А. Саечников,
А. В. Волков, В. В. Домбровский, Д. В. Сацута, Б. В. Колтун,
Д. С. Станкевич, О. А. Орлов, В. В. Граевский**

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

e-mail: sansan@tut.by

Рассматривается структура учебного комплекса управления имитатором сверхмалого космического аппарата. Описывается программное обеспечение учебного комплекса управления.

Ключевые слова: сверхмалый космический аппарат; наземный комплекс управления; имитатор космического аппарата.

EDUCATIONAL CONTROL GROUND STATION FOR SMALL SATILLITE SIMULATOR

**A. A. Spiridonov, I. A. Shalatonin, V. A. Saechnikov,
A. V. Volkov, V. V. Dombrovski, D. V. Sacuta, B. V. Koltun,
D. S. Stankevich, O. A. Orlov, V. V. Graevski**

Belarusian State University

Minsk, Belarus

Educational control ground station structure for small satillite simulator are considered. Educational control ground station software are described.

Keywords: small satellite; control ground station; satellite simulator.

В последние годы во многих странах ведется интенсивная разработка сверхмалых космических аппаратов (СМКА). Для университетов с малым бюджетом, ограниченным ресурсом высококвалифицированных кадров создание собственного малобюджетного СМКА на основе коммерческих комплектующих дает возможность студентам на практике принять участие во всех этапах – от проектирования до обработки данных. В процессе создания СМКА важными задачами являются: разработка и интеграция бортовых систем, проведение тестирования аппаратуры, отработка программного обеспечения, совместной работы бортовой аппаратуры и наземного комплекса управления (НКУ). В ходе выполнения программы «Мониторинг-СГ» в БГУ разрабатываются экспериментальные программно-аппаратные средства для лабораторной отработки нано- и пикоспутников, в состав которых входит учебный НКУ и имитатор СМКА. Разрабатываемое оборудование будет использоваться и в учебном процессе.

Учебный НКУ будет решать задачу оперативно-технического руководства работами по приему и обработке телеметрической и научной информации, управления имитатором, проведения обучения специалистов в режиме имитации в различных временных масштабах, отработке и испытаний аппаратных и программных средств управления полетами и бортовой аппаратуры и научных приборов.

Основные элементы учебного НКУ для отработки оборудования совместно с имитатором показаны на рис. 1: система питания (блок питания Morex 3388B-150W; кабеля питания); система управления и обработки данных (процессорный модуль Advantech PCM-3362 в корпусе Morex Cubid 3388B; программное обеспечение); радиочастотный приемо-передающего тракт (антенны; модуль приема-передачи на базе Telecontrolli RXQ3-433; модуль приема-передачи на базе AD-FCOMMS2-EBZ; модуль приема-передачи на базе радиомодуля СС430; комплект кабелей; программное обеспечение); система отображения и оповещения (монитор; звуковая карта CREATIVE «Sound Blaster Play»; громкоговорители); система передачи, приема, распределения информации по локальной сети и через интернет, хранения информации (маршрутизатор D-link DES-108; USB/Ethernet адаптер ASIX AX88772A; программное обеспечение; комплект кабелей).

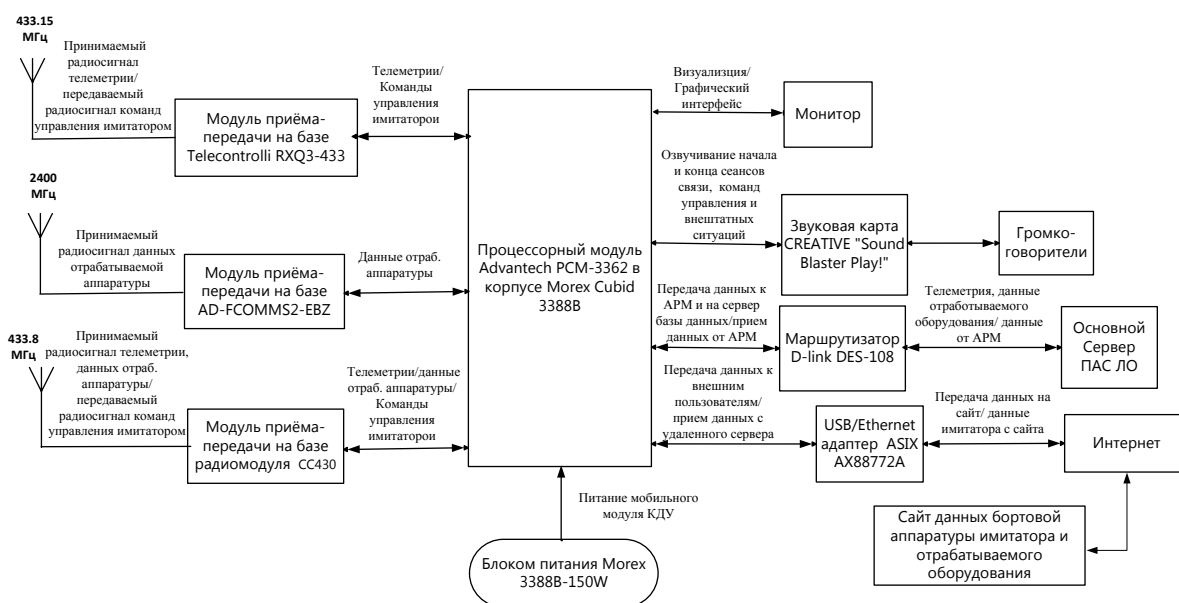


Рис. 1. Структура учебного НКУ

Учебный НКУ для отработки оборудования совместно с имитатором позволяет: принимать и обрабатывать радиосигнал телеметрии, данных обрабатываемой аппаратуры; передавать радиосигналы команд управления имитатором; озвучивать начало и конец сеансов связи, команды управления и внештатные ситуации; отображать передаваемую и получаемую информацию; через локальную сеть передавать данные к автоматизированным рабочим местам (АРМ) анализа и управления, баллистического обеспечения, технической поддержки, обработки информации control ground station и на основной сервер ПАС ЛО и принимать данные от АРМ; через интернет передавать данные к внешним пользователям и принимать данные с удаленного сервера – сайта данных бортовой аппаратуры имитатора и обрабатываемого оборудования.

В состав учебного НКУ входит основной сервер ПАС ЛО, который используется для хранения телеметрической информации в виде CSV-файлов. Связь с локальным сервером поддерживается по ftp-протоколу. Удаленный сервер содержит MySQL базу данных телеметрической информации, необходимую для работы сайта данных бортовой аппаратуры имитатора и обрабатываемого оборудования. Для обмена данными между имитатором СМКА и учебным НКУ используется протокол канального уровня для пакетной передачи данных в радилюбительских сетях – AX.25. В протоколе AX.25 используется бит-ориентированный протокол канального уровня сетевой модели OSI: High-Level Data Link Control (HDLC), согласно которому кадры передаются кодированным модифицированным потенциальным кодом.

Для связи по протоколу AX.25 необходимо иметь в составе учебного НКУ пакетный контроллер: устройство, осуществляющее преобразование между синхронным HDLC-протоколом, на котором происходит общение по радиоканалу между имитатором СМКА и НКУ, и специальным асинхронным KISS-протоколом, согласно которому происходит общение между главным компьютером и пакетным контроллером.

На рис. 2 представлена структура ПО приемопередатчика на базе радиомодуля СС430, сплошными стрелками отмечен путь, который проходят данные, передаваемые с промышленного компьютера, до того момента, как попадут в эфир. Пунктирными стрелками отмечен обратный путь.

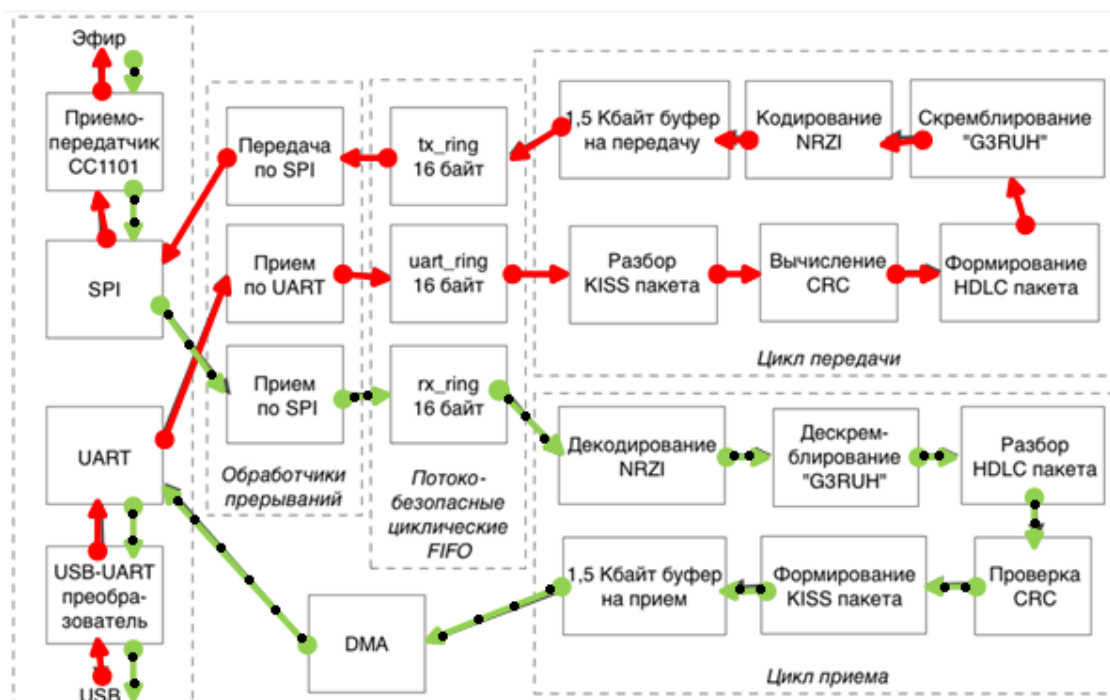


Рис. 2. Структура ПО приемопередатчика на базе радиомодуля СС430

ПО системы управления и обработки данных, представленное на рис. 3, написано на языке программирования Python и построено согласно событийно-ориентированной парадигме программирования: выполнение программы определяется событиями — действиями пользователя, сообщениями других потоков, событиями операционной системы.



Рис. 3. Структура ПО системы управления и обработки данных

В состав ПО системы управления и обработки данных учебного НКУ имитатором СМКА входит программа управления имитатором СМКА, имеющая графический интерфейс пользователя и поддерживающая для посылы в адрес имитатора СМКА перечень команд. Команды тематически объединены в соответствующие вкладки на панели ручного управления. Кроме того, в состав программного обеспечения учебного НКУ входит программа декодирования телеметрии имитатора СМКА, осуществляющая прием пакетов телеметрической информации в реальном времени с последующим извлечением из них телеметрических данных и их накоплением. В программе поддерживается возможность графического представления данных.

Была разработана аппаратная архитектура учебного НКУ, созданы ПО системы управления и обработки данных, программа управления имитатором СМКА, декодирования телеметрии, ПО для радиоприемопередатчика. Разработанная система будет использоваться при тестировании и отработке нано- и пикоспутников, а также при обучении студентов аэрокосмических специальностей Белорусского государственного университета. Это позволит повысить надежность, работоспособность и живучесть бортового оборудования и целевой аппаратуры СМКА и улучшить качество подготовки специалистов.