

Перспективный интерфейс «человек—машина» для управления пилотируемым космическим аппаратом на базе планшетных компьютеров

© В.П. Корвяков

ОАО «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва»,
г. Королев Московской области, 141070, Россия

Рассматриваются вопросы проектирования персонального мобильного интерфейса «человек—машина» для управления пилотируемыми космическими аппаратами на базе планшетного компьютера. На основе анализа существующих средств управления разрабатывается концепция внедрения мобильных устройств в бортовой комплекс управления. Приведено описание и результаты эксперимента по интеграции такого устройства в бортовую вычислительную систему Многоцелевого лабораторного модуля Международной космической станции.

Ключевые слова: *планшетный компьютер, Международная космическая станция, Многоцелевой лабораторный модуль, интерфейс «человек—машина».*

Введение. Со времен полета Юрия Гагарина и запуска первых пилотируемых космических аппаратов (ПКА) космонавт на борту космического корабля зарекомендовал себя как надежное звено управляющего контура, способное выполнять задачи сборки, управления и ремонта, которые чисто автоматическими средствами выполнить на данном этапе технического развития невозможно. При управлении ПКА и долговременными орбитальными станциями (ДОС) от экипажа одним из ключевых факторов, оказывающих влияние на эффективность управления, является степень автоматизации и оптимизация действий экипажа с точки зрения перемещения экипажа в пространстве и выполнения физических действий. Для таких больших технических объектов, как Международная космическая станция (МКС), при управлении с участием космонавта важной задачей является обеспечение мобильности управления. В настоящее время управление МКС осуществляется с помощью стационарных пультов и ноутбуков. С введением в эксплуатацию новых модулей необходимость в мобильных средствах управления будет усиливаться.

Данная статья рассматривает вопросы проектирования персонального мобильного интерфейса «человек—машина» (ИЧМ) для управления ПКА и их внедрения в существующие бортовые вычислительные системы (БВС) на примере Многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ) МКС.

Оценка существующих и разрабатываемых средств ИЧМ российского сегмента МКС. Основными и наиболее универсальными средствами управления, которые предоставляют экипажу возможность иметь на одном рабочем месте максимально полный набор средств по управлению станцией, являются ноутбуки центрального поста (ЦП) Служебного модуля (СМ) [1]. Аналогичные ноутбуки будут использоваться на региональном посту (РП) Многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ), который должен быть введен в состав российского сегмента (РС) МКС в конце 2013 г. Каждый ноутбук ЦП и РП представляет собой ноутбук Lenovo ThinkPad T61p с установленной операционной системой (ОС) Scientific Linux 5.0.

Универсальность ноутбуков объясняется, в первую очередь, многофункциональностью, гибкостью и простотой модификации их программного обеспечения (ПО) для решения текущих задач. Кроме того, простота и дешевизна ноутбуков позволяет производить быструю замену в случае отказа. ПО ноутбуков ЦП обеспечивают возможность выдачи управляющих воздействий (УВ), отображения аварийно-предупредительной информации, предоставляют оператору информацию о состоянии модулей, систем, приборов и агрегатов в интуитивно-понятной форме с помощью иерархической системы форматов отображения. Кроме того, ноутбуки обеспечивают выполнение некоторых технологических операций, таких как смена версий ПО компьютеров РС МКС.

Другими средствами ИЧМ в СМ являются пульт «Символ» для управления процессом стыковки, панель предупредительно-сигнальной системы (ПСС) и интегрированный пульт управления (ИнПУ), предназначенный для прямой выдачи ограниченного набора команд (например, подача или снятие питания) на аппаратуру.

Существующие средства управления обеспечивают экипаж всеми возможностями, необходимыми для выполнения любых операций на борту МКС. Достоинствами этих систем является высокая информативность интерфейсов, удобство и надежность их использования, доказанные на практике. Недостаток существующих средств — стационарность. Кроме того, многообразие концепций ИЧМ требует от оператора необходимости применять различные принципы взаимодействия с различными средствами ИЧМ.

Для МЛМ разрабатывается специальный пульт управления (ПУ) бортового комплекса управления (БКУ), который будет использоваться для решения задач управления наряду с ноутбуком РП. Функционально ПУ БКУ будет выполнять задачи, аналогичные задачам ноутбуков, но при этом обладать рядом специфических функций, таких как возможность отображения потока видео, поступающего на аналоговый вход пульта. Следует отметить, что ПУ БКУ разрабаты-

вается как прототип пульта управления для перспективного транспортного корабля нового поколения (ПТК НП).

Разрабатываемые средства ИЧМ МЛМ унаследовали как достоинства, так и ограничения средств ИЧМ СМ. Если говорить о пультах, то их стационарное исполнение по определению исключает мобильность управления. Применительно к лэптопам, мобильность ограничена электрической кабельной сетью и проводными интерфейсами передачи данных. В СМ лэптопы подключаются к БВС по интерфейсу Ethernet, а в МЛМ — по шине MIL STD 1553. Кроме того, лэптопы недостаточно компактны для того, чтобы носить их с собой повсюду даже при условии применения беспроводных интерфейсов передачи данных.

Другим недостатком, который относится как к аппаратным, так и к программным концепциям организации интерфейсов, является их информационная перегруженность. Опытные космонавты утверждают, что количество информации, предоставляемой экипажу, превышает человеческие способности по ее восприятию и обработке [2], а также, что на «единицу смысла» приходится очень большое количество «сырых» символьно-цифровых данных. Большой процент времени работы с интерфейсом уходит на расшифровку и интерпретацию этих данных. Таким образом, в перспективных системах ИЧМ необходимо осуществить тесную интеграцию с бортовой системой искусственного интеллекта [3], которая возьмет на себя часть задач по интерпретации данных.

Важной задачей в области улучшения ИЧМ является оптимизация бортовой документации. В настоящее время вся документация, в которой каждый член экипажа МКС должен хорошо ориентироваться, хранится на борту в бумажном виде. Введение в эксплуатацию мобильной и компактной системы электронной документации с интегрированной системой поиска — большой шаг к решению этой задачи.

Анализ существующих мобильных средств ИЧМ. В первую очередь, при проектировании перспективной концепции построения ИЧМ необходимо обратить внимание на средства и технологии из области взаимодействия человека с техническими объектами, зарекомендовавшие себя на Земле. Многие из технологий, ставших сейчас привычными и удобными, еще десять лет назад казались ненадежными и даже фантастическими.

За последние несколько лет рынок мобильных устройств значительно изменился, и большую роль в этом изменении сыграло появление массовых моделей планшетных компьютеров. Планшетный компьютер или интернет-планшет (далее — просто «планшет») представляет собой, как правило, бесклавиатурное устройство, оснащен-

ное сенсорным экраном с диагональю 7...10 дюймов, несколькими аппаратными кнопками и возможностями сетевых коммуникаций: поддержкой беспроводных сетей Wi-Fi, LTE, GSM. Кроме того, современные планшеты обладают достаточно мощными процессорами, имеющими несколько ядер, большим количеством оперативной памяти, flash-накопителем, а также встроенным графическим чипом, решающим задачи отображения сложных двух- и трехмерных изображений на экране. Операционные системы (ОС), установленные на современных планшетах, и инструменты разработки для них позволяют разрабатывать удобное и эффективное функциональное программное обеспечение (ПО).

Существующие в настоящее время на рынке модели планшетных компьютеров обладают, в среднем, следующими основными характеристиками производительности:

- 1) объем и тип оперативной памяти — 1 Гб DDR2;
- 2) процессор — двухъядерный, тактовая частота 1 ГГц;
- 3) объем и тип встроенного накопителя — от 16 до 64 Гб, SSD;
- 4) разрешение и тип экрана — 1280×800, TFT, сенсорный, емкостный.

Таким образом, современные массовые модели планшетных компьютеров обеспечивают достаточные вычислительные и графические возможности и являются наиболее универсальным и простым с точки зрения внедрения в существующую структуру БВС средством. Важным достоинством планшетов является большое количество разнообразных моделей планшетов и возможность простой замены планшета в случае его отказа, как это делается с ноутбуками. Также для планшетов существует большое количество стороннего программного обеспечения, которое можно использовать при решении ряда задач на борту ПКА. Таким образом, планшеты являются лучшими кандидатами для решения задачи внедрения мобильных средств в контур управления ПКА от экипажа.

Концепция внедрения планшетов в БВС МЛМ. С целью повышения безопасности и надежности управления планшет не должен взаимодействовать с БВС МЛМ напрямую, т. е. иметь непосредственные сетевые интерфейсы с этой системой. Стандартным беспроводным сетевым интерфейсом на современных планшетах является IEEE 802.11 b/g/n (Wi-Fi), обеспечивающий максимальную теоретическую пропускную способность до 600 Мбит/с [4]. Очевидно, что необходимо использовать некое промежуточное устройство сопряжения с объектом (УСО), которое будет обеспечивать взаимодействие планшета с БВС МЛМ. Кроме того, в ПО УСО должна быть реализована основная функциональная логика системы ИЧМ, и при этом на планшет возложены только задачи ввода-вывода. В системе

компьютеров, находящихся на МЛМ (рис. 1), в качестве УСО может служить лэптоп РП, который, с одной стороны, обладает возможностью подключения к бортовой сети Ethernet, а с другой — имеет интерфейс MIL-STD-1553В для взаимодействия с БВС МЛМ. Помимо лэптопа и двух комплектов ПУ БКУ на схеме показаны терминальная вычислительная машина (ТВМ), в которую заложены основные алгоритмы управления МЛМ, и БРИ — блок размножения интерфейсов, управляемый Ethernet-коммутатором.

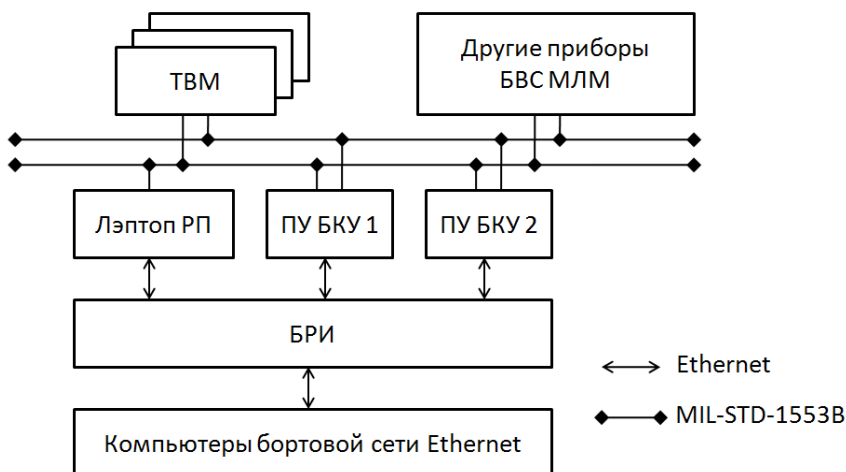


Рис. 1. Упрощенная схема сети компьютеров МЛМ

Для обеспечения связи планшета с сетью Ethernet необходимо использовать точку доступа Wi-Fi, которая будет выполнять функции сетевого «моста» и должна быть подключена к БРИ.

Проведение эксперимента по внедрению планшетного компьютера в БВС МЛМ. Эксперимент по внедрению планшетов в БВС МЛМ был проведен на стенде наземного комплекса отработки (НКО) ПО МЛМ (рис. 2). Для проведения эксперимента использовался планшет Acer IconiaTab A701. Эксперимент состоял из следующих этапов:

- 1) проверка связи планшета с лэптопом;
- 2) работа планшета в режиме «удаленный рабочий стол»;
- 3) отображение видео-потoka с камеры ПУ БКУ;
- 4) отображение аварийно-предупредительных событий и событий БВС МЛМ на экране планшета.

Первая часть эксперимента осуществлялась с помощью программы Fing, запускаемой на планшете. С ее помощью были получены измерения временного интервала между ICMP-запросами и ответами

(ping). Средний интервал составил 2 мс, потерь пакетов зафиксировано не было. Это свидетельствует о высоком качестве работы сети.

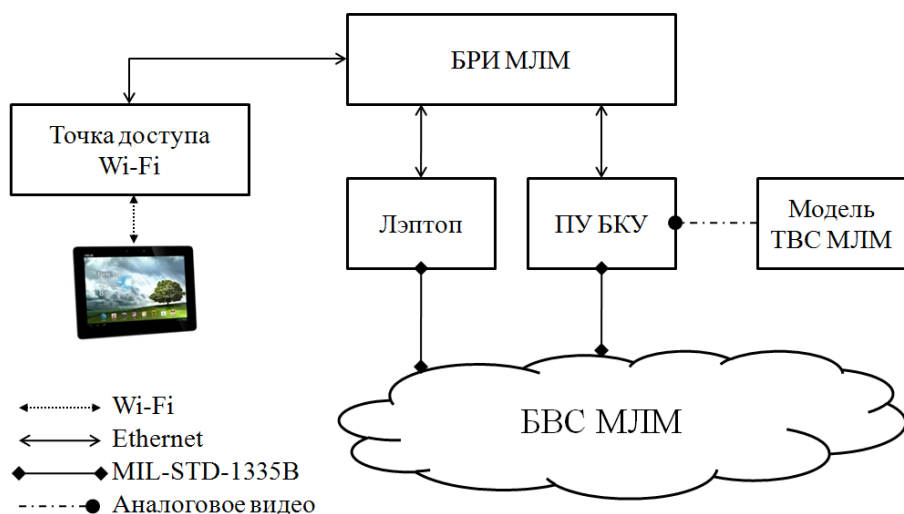


Рис. 2. Схема сопряжения БВС НКО МЛМ с планшетом

Вторая часть эксперимента потребовала запуска на лэптопе VNC-сервера. Для взаимодействия с сервером на планшете использовался VNC-клиент MultiVNC. Изображение рабочего стола лэптопа на экране планшета было получено, искажений и задержек не наблюдалось. Следует отметить непригодность ПО лэптопа РП к разрешению и методам ввода, применяемым на планшете.

Третья часть эксперимента была проведена с помощью программы отображения видео MXPlayer. Аналоговое видео передавалось с видеокamеры, моделирующей телевизионную систему (ТВС) МЛМ, в ПУ БКУ, где оно оцифровывалось и транслировалось в сеть в формате RTSP/Unicast RTP/MPEG4. Отображение осуществлялось плавно, без каких-либо искажений и дефектов, хотя и имела место задержка между изображениями — снимаемым камерой и отображаемым на планшете. Эта задержка составила около 3 с и может быть объяснена внутренним алгоритмом буферизации RTP-пакетов, применяемым в MXPlayer. Для сравнения, задержка отображения этого же видеопотока на экране лэптопа равна одной секунде.

Четвертая часть эксперимента стала наиболее трудоемкой и потребовала модификации компонента программного обеспечения (КПО) отображения событийных данных на экране лэптопа [5] в части поддержки сетевых клиентов, а также разработки для планшета специального КПО, осуществляющего прием и отображение событий. Соединение между планшетом и лэптопом было успешно уста-

новлено, отображение событий на экране планшета осуществлялось без видимых задержек. Скриншот работы созданного для планшета прототипа КПО отображения событий представлен на рис. 3.

Кроме того, был осуществлен успешный запуск этого же КПО на мобильном телефоне марки HTC Desire S. Это более компактное, чем планшет, устройство показало себя удобным в части непрерывного мониторинга событийной информации. Использование звукового и вибрационного сигнала при получении событий высокого приоритета позволяет немедленно обратить на них внимание экипажа.

Events			
* МЛМ	СЖО	ПОЖАР МЛМ	01/01/2013 01:34:46.816
* МЛМ	СЖО	ПОЖАР МЛМ	01/01/2013 01:34:46.816
V_OKEY_0	Пакет доставлен на борт		01/01/2013 01:34:46.612(33/0)
V_OKEY_0	Пакет доставлен на борт		01/01/2013 01:34:46.612(33/0)
V_OKEY_40	Пакет обработан		01/01/2013 01:34:46.816(33/40)
V_OKEY_40	Пакет обработан		01/01/2013 01:34:46.816(33/40)
* МЛМ	СЖО	РАЗГЕРМЕТИЗАЦИЯ от клавиши ПСС МЛМ	01/01/2013 01:35:08.204
* МЛМ	СЖО	РАЗГЕРМЕТИЗАЦИЯ от клавиши ПСС МЛМ	01/01/2013 01:35:08.204
V_OKEY_0	Пакет доставлен на борт		01/01/2013 01:35:08.0(33/0)
V_OKEY_0	Пакет доставлен на борт		01/01/2013 01:35:08.0(33/0)
V_OKEY_40	Пакет обработан		01/01/2013 01:35:08.204(33/40)
V_OKEY_40	Пакет обработан		01/01/2013 01:35:08.204(33/40)
* МЛМ	СЖО	Дым МЛМ	01/01/2013 01:35:24.408
* МЛМ	СЖО	Дым МЛМ	01/01/2013 01:35:24.408
V_OKEY_0	Пакет доставлен на борт		01/01/2013 01:35:24.204(33/0)
V_OKEY_0	Пакет доставлен на борт		01/01/2013 01:35:24.204(33/0)
V_OKEY_40	Пакет обработан		01/01/2013 01:35:24.408(33/40)
V_OKEY_40	Пакет обработан		01/01/2013 01:35:24.408(33/40)
* МЛМ	СЖО	Содержание кислорода в водороде больше нормы	01/01/2013 01:35:33.408
* МЛМ	СЖО	Содержание кислорода в водороде больше нормы	01/01/2013 01:35:33.408
V_OKEY_0	Пакет доставлен на борт		01/01/2013 01:35:33.204(33/0)
V_OKEY_0	Пакет доставлен на борт		01/01/2013 01:35:33.204(33/0)

Рис. 3. Прототип КПО отображения событий для планшета

Выводы. Развитие современных ПКА и ДОС и увеличение их размеров ведет к необходимости внедрения мобильных средств в контур управления от экипажа. Проведенный эксперимент показал жизнеспособность и перспективность разработанной концепции. Работы предлагается продолжать в следующих направлениях:

- 1) разработка КПО выдачи УВ для планшета;
- 2) разработка КПО отображения бортовой документации для планшета;
- 3) разработка комплекса автоматизации управления для МЛМ с возможностью подключения к ней планшета как мобильного интерфейсного средства. Такой комплекс, возможно, будет включать в себя элементы искусственного интеллекта;

4) анализ возможности применения других видов мобильных интерфейсных средств, таких как наголовные дисплеи (head-mounted displays, HMD);

5) проведение космического эксперимента по использованию планшетов в контуре управления от экипажа на борту МКС.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Микрин Е.А. *Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения*. Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003, 336 с.
- [2] Krikalev S.K., Kalery A.Yu., Sorokin I.V. Crew on the ISS: Creativity or determinism? *Acta Astronautica*, 2010, N 66, pp. 70–73.
- [3] Легостаев В.П., Микрин Е.А., Беренов Н.К. и др. Повышение автономности и безопасности полетов пилотируемых космических станций и кораблей за счет внедрения интегрированной системы искусственного интеллекта в бортовые комплексы управления. *Вестник компьютерных и информационных технологий*, 2007, № 2, с. 2–13.
- [4] *Стандарт IEEE Std 802.11ntm-2009*.
- [5] Корвяков В.П. Синтез структуры кроссплатформенного программного обеспечения систем «человек-машина» многоцелевого лабораторного модуля Международной космической станции. *Труды РКТ*, сер. XII, вып. 3. Королев, 2012, с. 69–73.

Статья поступила в редакцию 28.06.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Корвяков В.П. Перспективный интерфейс «человек — машина» для управления пилотируемым космическим аппаратом на базе планшетных компьютеров. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 10. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/nav/1097.html>

Корвяков Владимир Петрович — инженер-программист в ОАО «РКК ”Энергия“ имени С.П. Королёва». e-mail: vladimir.korviakov@gmail.com