

УДК 528.8

Е. И. Капустин¹, А. И. Кириллов¹, Е. И. Махонин², К. Ф. Волох²

¹Державне підприємство «Дніпрокосмос», Дніпропетровськ

²Національне космічне агентство України, Київ

Динамическое управление памятью бортового запоминающего устройства космического аппарата

Надійшла до редакції 26.10.06

Пропонується ефективний спосіб планування роботи корисного навантаження й керування пам'яттю бортового запам'ятовувального пристрою космічного апарата для дистанційного зондування Землі.

Космические аппараты являются инструментами глобального наблюдения Земли, и их эффективное использование возможно только в случае, когда они используются в интересах многих стран. Сейчас все больше пользователей хотят получать информацию дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на свои приемные станции. Во-первых, так она дешевле, а во-вторых, она поступает более оперативно. Число приемных станций различных космических систем, размещенных у потребителей, постоянно возрастает.

Так, Россия в апреле 2006 г. установила две наземные приемные станции (одну в пос. Ивантеевка под Москвой, другую в Иркутске) для приема информации от космического аппарата (КА) SPOT. В настоящее время в мире имеется 27 наземных станций, принимающих информацию от КА этого типа. Расположение наземных приемных станций представлено на рис. 1.

На рис. 2 показано расположение наземных приемных станций, обеспечивавших возможность принятия информации от КА «Сич-1»,

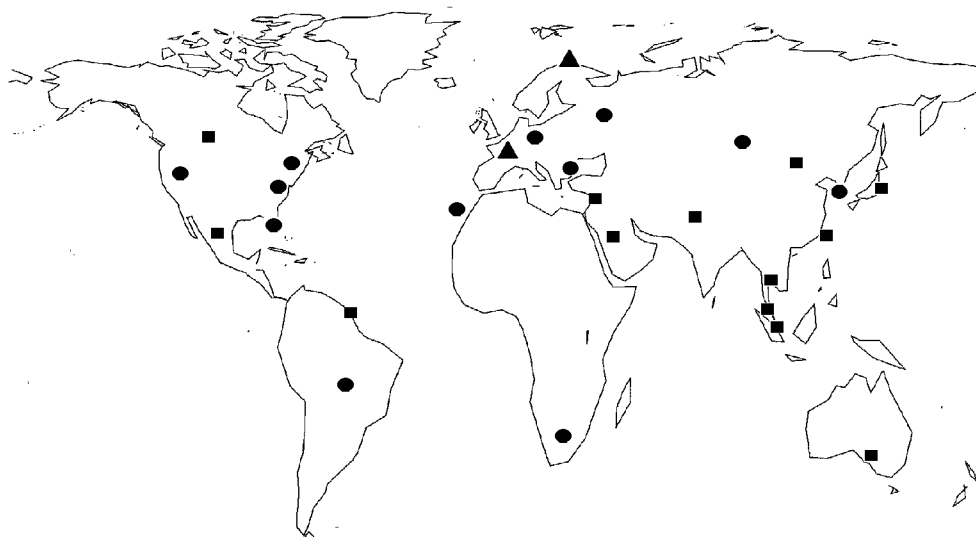


Рис. 1. Расположение приемных станций КА SPOT-5 (квадратики), SPOT-2,-3 (кружки); треугольники — основные станции

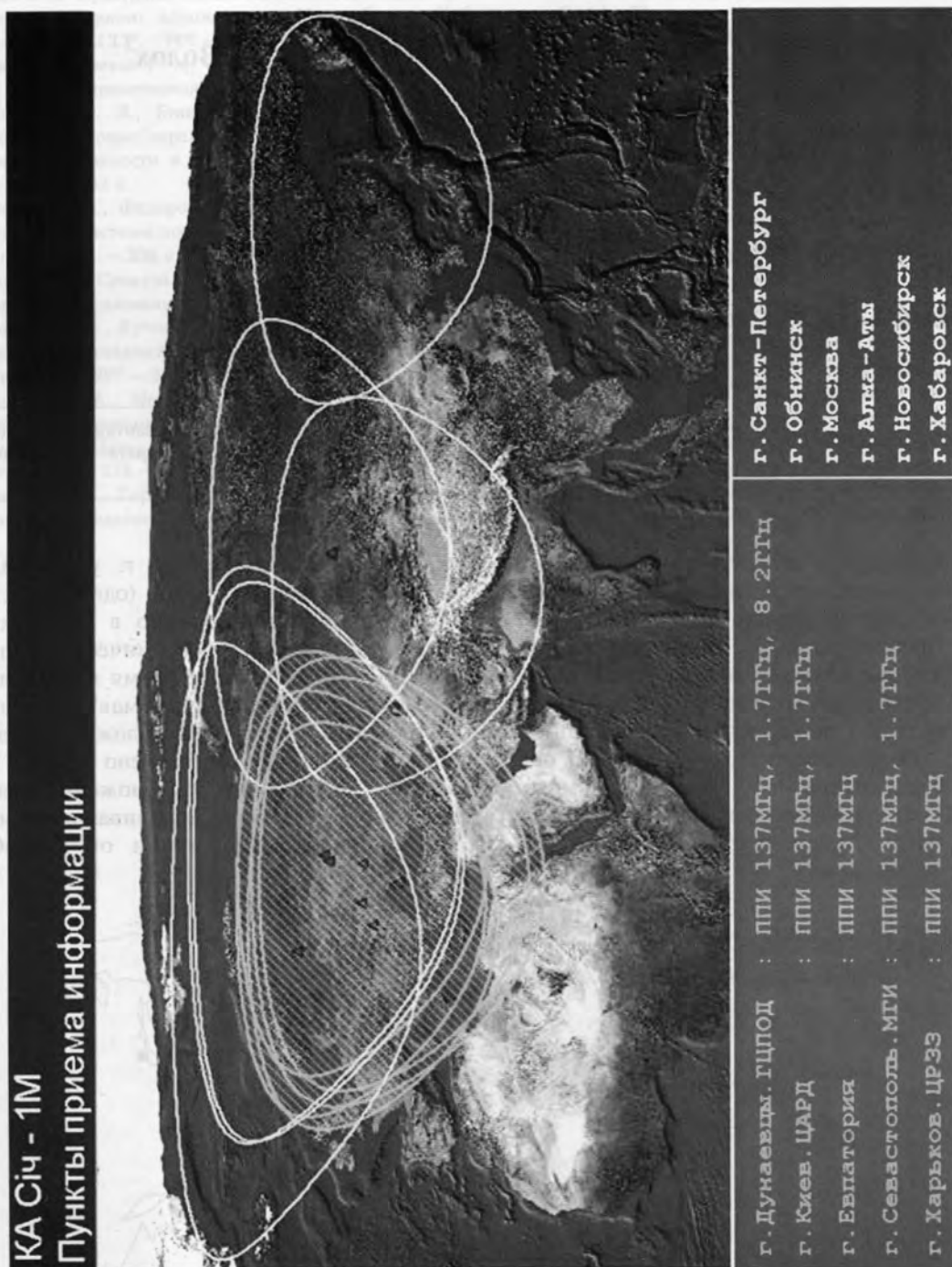


Рис. 2. Пункты приёма информации КА «Січ-1М»

«Січ-1М», «Океан-О», и их зоны радиовидимости.

В бортовых информационных комплексах КА «Січ-1», «Січ-1М», «Океан-О», «МС-1-ТК» для хранения информации от приборов полезной нагрузки использовались два основных типа команд работы с бортовым запоминающим устройством: запись (воспроизведение) с нулевого адреса, дозапись (довоиспроизведение) с текущего адреса. Фактически такой набор команд из-за отсутствия в составе бортового измерительного комплекса КА бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ) и памяти прямого доступа ориентирован на работу с магнитофонами, которыми были оснащены КА «Січ-1», «Січ-1М», «Океан-О». После заполнения памяти бортового запоминающего устройства необходимо сбросить всю накопленную информацию на наземные приемные станции. И только после этого можно выполнять другие съемки с записью в запоминающее устройство бортового измерительного комплекса КА [4, 5].

Районы земной поверхности, интересующие потребителя, как и зоны радиовидимости наземных приемных станций, расположены случайным образом вдоль трассы полета КА [3].

Неэффективность выполнения съемки с таким набором команд можно проиллюстрировать на следующем примере. На рис. 3 представлены схематически районы съемки и зоны радиовидимости приемных станций (ПС), на которые необходимо сбросить информацию по этим районам [1]. План работы КА в этом случае будет содержать следующую последовательность операций:

- съемка первого района (команда «запись»),
- съемка второго района (команда «дозапись»),
- сброс информации по обоим районам на ПС1 (команда «воспроизведение»), хотя ему нужна информация только по первому району,
- сброс информации по обоим районам на ПС2 (команда «воспроизведение»), хотя ему нужна информация только по второму району.

Произвести съемку третьего района невозможно, так как память на этот момент полностью занята информацией, полученной при съемке первых двух районов. Поскольку каждая приемная станция, расположенная в средних широтах (30—50°), может принимать от КА ДЗЗ, находящегося на приполярных орбитах, информацию

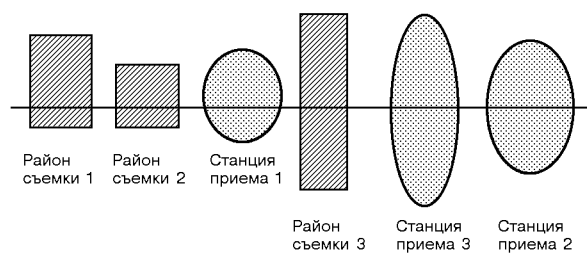


Рис. 3. Последовательность прохождения районов съемки и зон радиовидимости приемных станций

два раза в сутки (обычно на двух витках утром и на двух витках вечером), когда КА находится в зоне радиовидимости, время от момента съемки до сброса может достигать до 10 ч. В это время возможна работа только в режиме непосредственной передачи без записи в память запоминающего устройства.

Однако уже в состав бортового информационного комплекса КА «МС-1-ТК» были включены БЦВМ и выполненное на микросхемах запоминающее устройство, обеспечивающее прямой доступ к любой ячейке памяти. В разрабатываемых перспективных КА, таких как «Січ-2», «Січ-3», запоминающие устройства также выполнены на микросхемах, и также предполагается использование БЦВМ в составе бортовых информационных комплексов [2].

В отличие от запоминающих устройств с использованием магнитофонов, которые обеспечивали только последовательный доступ к информации, запоминающие устройства на микросхемах обеспечивают прямой доступ к любой ячейке памяти для записи или воспроизведения информации. Таким образом, появляется возможность записывать в запоминающее устройство и передавать на приемные станции пользователей только ту информацию, которую они заказали. Освободившаяся после передачи на приемную станцию часть памяти бортового запоминающего устройства может быть использована для выполнения заявок других пользователей.

Предлагается следующий способ планирования работы полезной нагрузки и управления памятью бортового запоминающего устройства. Весь объем памяти, предназначенный для записи и хранения информации ДЗЗ в бортовом запоминающем устройстве, делится на блоки одинакового объема. Так как на борту КА ко-

манды выдаются на исполнение с интервалом 1 с, целесообразно размер такого блока выбрать равным объему информации, поступающей в запоминающее устройство за это время с минимальной скоростью. Для КА МС-2-8 количество поступающей информации за 1 с составит

$$V_n = V_{1к} = 5.7 \text{ Мбайт},$$

где $V_{1к} = 5836800$ байт — количество информации, поступающей в запоминающее устройство за одну секунду при съемке одним каналом МСУ [6].

Размер блока выбираем кратным одному мегабайту: $V_6 = 6.0$ Мбайт. При общем объеме памяти запоминающего устройства 3 Гбайта получится 333 блока.

В командах, передаваемых на борт КА, указывается номер блока памяти, с которого начинается запись или воспроизведение информации. Количество блоков рассчитывается исходя из скорости поступления/выборки информации и длительности запланированной съемки/сброса.

Теперь видно, что в ситуации, показанной на рис. 3, можно запланировать съемку третьего района и сброс информации на ПС3, используя освободившуюся память после сброса информации по первому району на ПС1. Кроме того, на каждую приемную станцию сбрасывается только та информация, которая необходима. Тем самым сокращается время сброса данных ДЗЗ, что важно для КА МС-2-8, у которого скорость воспроизведения ниже максимальной скорости записи в память запоминающего устройства в 5.9 раза.

Возможность реализации такого способа управления запоминающим устройством при планировании работы полезной нагрузки появляется уже для КА МС-2-8. Дело в том, что алгоритм выполнения команд «дозапись» («довоиспроизведение») в случае выхода из строя первой микросхемы памяти предусматривает возможность передачи значений счетчиков для установки адреса памяти запоминающего устройства в закладываемой на борт программе в полях КУ3, КУ4 (команд 40 и 41 для записи и команд 42 и 43 для воспроизведения), с которого будет осуществляться запись или воспроизведение информации [6].

В случае, если КА является аппаратом двойного назначения, а современные КА ДЗЗ высокого разрешения таковыми и являются, актуаль-

ность сброса потребителям только заказанной ими информации резко возрастает.

Кроме того, за счет выполнения большего количества заявок пользователей повышается эффективность целевого использования космического аппарата.

При планировании работы полезной нагрузки предлагаемый способ управления запоминающим устройством целесообразно использовать уже при количестве приемных станций больше двух. Чем больше будет приемных станций, тем выше эффективность использования КА.

1. Волошин В. И., Капустин Е. И., Кириллов А. И. и др. Информационные технологии в управлении работой полезной нагрузки космических аппаратов по дистанционному зондированию Земли // *Космічна наука і технологія*.—2005.—11, № 3/4.—С. 88—91.
2. Волошин В. И., Капустин Е. И., Кириллов А. И. и др. Принципы построения алгоритмов планирования работы полезной нагрузки КА высокого разрешения для съемки районов поверхности Земли большой площади // *Пятая Укр. конф. по космическим исследованиям: Сб. тез.* (4—11 сентября 2005 г., НЦУИКС, Евпатория). — Киев: Ин-т космических исследований НАНУ-НКАУ, 2005.—С. 163.
3. Волошин В. И., Капустин Е. И., Кириллов А. И. и др. Определение длительности зон радиовидимости с учетом углов закрытия для проведения сеансов связи с КА // *Пятая Укр. конф. по космическим исследованиям: Сб. тез.* (4—11 сентября 2005 г., НЦУИКС, Евпатория). — Киев: Ин-т космических исследований НАНУ-НКАУ, 2005.—С. 162.
4. Капустин Е. И., Кириллов А. И., Махонин Е. И., Волох К. Ф. Создание структуры архива данных дистанционного зондирования Земли Национального космического агентства Украины // *Космічна наука і технологія*.—2004.—10, № 5/6.—С. 181—184.
5. Кириллов А. И., Кириллова Н. А., Махонин Е. И. Формирование и отображение планов работы полезной нагрузки космических аппаратов и полученных данных дистанционного зондирования Земли с применением программных пакетов ГИС-технологий // *Космічна наука і технологія*.—2005.—11, № 3/4.—С. 85—87.
6. Спутник «EgyptSat-1». Исходные данные для планирования работы приборов полезной нагрузки. — Днепропетровск: ГKB «Южное», 2006.—Вып. 2.

DYNAMIC MANAGEMENT OF THE ONBOARD MEMORY DEVICE OF A SPACE VEHICLE

Ye. I. Kapustin, A. I. Kirillov, Ye. I. Mahonin, K. F. Voloh

An effective way of payload scheduling and onboard memory management of a space vehicle for the Earth remote sensing is offered.