Якутские Космические Системы

YKSA-SWF.004-MAN01

Версия A0 от 21.11.2026

Программный комплекс передачи файлов yksa-ft

Руководство оператора наземной станции

yksa-ft File Transfer Software

Ground Station Operator Manual

Актуальная редакция
docs.yksa.space/docs/YKSA-SWF.004-MAN01

ООО «ЯКС» — Распространяется по лицензии CC BY-SA 4.0.

Содержание

1 Введение ... 6
1.1 Назначение документа ... 6
1.1.1 Область применения ... 6
1.1.2 Перечень документов, рекомендуемых к ознакомлению ... 6
1.2 Термины и сокращения ... 6
2 Общие положения ... 8
2.1 Принцип работы ... 8
2.1.1 Схема обмена ... 8
2.1.2 Сессии ... 8
2.1.3 Блочная передача ... 8
2.1.4 Продолжение передачи ... 9
2.1.5 Версии протокола ... 9
2.2 Соглашения ... 9
2.2.1 Формат записи команд ... 9
2.2.2 Пути к файлам ... 9
2.2.3 Числа ... 9
2.2.4 Строка состояния ... 9
2.2.5 Коды завершения ... 10
3 Подготовка к работе ... 11
3.1 Требования ... 11
3.1.1 Бортовой компьютер ... 11
3.1.2 Наземная станция ... 11
3.1.3 Адреса и идентификаторы сообщений ... 11
3.1.4 Радиолиния ... 11
3.2 Установка службы на БК ... 11
3.2.1 Комплект поставки ... 11
3.2.2 Первичная установка ... 11
3.2.3 Действия сценария установки ... 12
3.2.4 Параметры службы ... 12
3.2.5 Корень службы ... 12
3.2.6 Обновление службы ... 13
3.3 Установка утилиты на наземную станцию ... 13
3.3.1 ОС Windows ... 13
3.3.2 ОС Linux ... 13
3.3.3 Проверка ... 13
4 Работа с комплексом ... 14
4.1 Загрузка файла с борта ... 14
4.1.1 Загрузка файла ... 14
4.1.2 Продолжение загрузки ... 14
4.1.3 Перезапуск утилиты во время загрузки ... 14
4.1.4 Загрузка с ограничением по времени ... 15
4.1.5 Загрузка одного файла несколькими станциями ... 15
4.2 Параметры радиолинии ... 16
4.2.1 Размер блока ... 16
4.2.2 Интервал между блоками ... 16
4.2.3 Опросы и отчеты ... 16
4.2.4 Рекомендуемые значения ... 17
4.3 Передача файла на борт ... 17
4.3.1 Передача файла ... 17
4.3.2 Параметры передачи ... 17

4.3.3 Продолжение передачи ... 17
4.3.4 Обновление службы по радиолинии ... 17
4.4 Потоковая передача ... 18
4.4.1 Назначение ... 18
4.4.2 Запрос потоковой передачи ... 18
4.4.3 Прием потоков ... 18
4.4.4 Потоковая передача по команде с борта ... 19
4.5 Передача файла утилитой uft ... 19
4.5.1 Назначение ... 19
4.5.2 Передача файла ... 19
4.5.3 Особенности ... 19
4.6 Служебные команды ... 20
4.6.1 Состояние службы ... 20
4.6.2 Список файлов ... 20
4.6.3 Удаление файла ... 20
4.6.4 Перезапуск службы ... 21
4.7 Нештатные ситуации ... 21
4.7.1 Перечень нештатных ситуаций ... 21
4.7.2 Восстановление службы ... 21

5 Справочник ... 23
5.1 Команды yksa-ft ... 23
5.1.1 Перечень команд ... 23
5.1.2 get ... 23
5.1.3 put ... 23
5.1.4 merge ... 23
5.1.5 stream ... 24
5.1.6 stream-to ... 24
5.1.7 listen ... 24
5.1.8 uft ... 24
5.1.9 ls ... 24
5.1.10 rm ... 24
5.1.11 status ... 24
5.1.12 restart ... 24
5.2 Параметры yksa-ft ... 25
5.2.1 Общие параметры ... 25
5.2.2 Параметры передачи ... 26
5.3 Параметры yksa-ftd ... 27
5.3.1 Параметры службы ... 27
5.3.2 Журнал службы ... 27
5.3.3 Коды завершения службы ... 27
5.4 Коды статуса ... 28
5.4.1 Перечень кодов статуса ... 28

A Типовые команды ... 29
A.1 Проверка службы ... 29
A.2 Загрузка файла с борта ... 29
A.3 Загрузка при плохой радиолинии ... 29
A.4 Загрузка одного файла несколькими станциями ... 29
A.5 Передача файла на борт ... 30
A.6 Передача файла устройству КА утилитой uft ... 30
A.7 Удаление файлов ... 30
A.8 Перезапуск службы ... 30
A.9 Подключение к удаленному серверу Houston ... 30

B Сообщения протокола 31
B.1 Общие сведения 31
B.1.1 Формат описания сообщений 31
B.1.2 Операции 32
B.2 0x0D00 OPEN — Открытие сессии 33
B.3 0x0D01 ACCEPT — Ответ на открытие сессии 35
B.4 0x0D02 DATA — Блок файла 36
B.5 0x0D03 STATE — Отчет о принятых блоках 36
B.6 0x0D04 POLL — Опрос получателя 37
B.7 0x0D05 CLOSE — Завершение сессии 37
B.8 0x0D06 STATUS_GET — Запрос состояния службы 38
B.9 0x0D07 STATUS — Состояние службы 39
B.10 0x0D08 LIST — Запрос списка файлов 40
B.11 0x0D09 LIST_REPLY — Список файлов 41

История изменений 42

1 Введение

> Перед началом работы рекомендуется загрузить последнюю версию документа.

1.1 Назначение документа

Документ описывает порядок работы оператора наземной станции с программным комплексом передачи файлов yksa-ft. Комплекс предназначен для обмена файлами между наземной станцией и бортовым компьютером КА на платформе SXC3 ООО «СПУТНИКС» по протоколу UniCAN.

Документ применим к версии 1.2.1 программного комплекса и версии 2 протокола передачи.

1.1.1 Область применения

Настоящий документ применим к следующему программному обеспечению:

Таблица 1.1.1-1 — Состав программного комплекса

ПРОГРАММА	РАЗМЕЩЕНИЕ	НАЗНАЧЕНИЕ
yksa-ftd	Бортовой компьютер	Служба передачи файлов. Отвечает на запросы наземной станции.
yksa-ft	Наземная станция	Утилита оператора. Передает запросы через сервер Houston.

В состав комплекса также входит программа yksa-flash, предназначенная для обновления микропрограмм изделий ООО «ЯКС». Программа yksa-flash в настоящем документе не рассматривается.

1.1.2 Перечень документов, рекомендуемых к ознакомлению

1. Интерфейсный контрольный документ для платформы SXC3 (SXC ICD);
2. Руководство по эксплуатации для платформы SXC3 (SXC РЭ);
3. Руководство пользователя сервисного ПО Houston ООО «СПУТНИКС»;
4. Описание утилиты передачи файлов uft ООО «СПУТНИКС».

1.2 Термины и сокращения

КА Космический аппарат.

БК Бортовой компьютер КА (OBC). Одноплатный компьютер под управлением ОС Linux, подключенный к шине CAN.

НС Наземная станция.

ПО Программное обеспечение.

UHF Радиолиния УКВ-диапазона платформы.

UniCAN Протокол обмена данными в сети CAN, разработанный ООО «СПУТНИКС».

Houston Сервисное ПО ООО «СПУТНИКС». Сервер Houston передает сообщения UniCAN между радиолинией НС и клиентскими программами по TCP.

uft Утилита передачи файлов ООО «СПУТНИКС».

Служба Программа yksa-ftd, работающая на БК.

Сессия Одна операция передачи файла или служебная операция от запроса до завершения. Сессия обозначается номером от 0 до 255.

Инициатор Сторона, открывающая сессию. Как правило, наземная станция.

Ответчик Сторона, принимающая сессию. Как правило, служба на БК.

Отправитель Сторона, передающая файл. Может быть инициатором или ответчиком.

Получатель Сторона, принимающая файл. Может быть инициатором или ответчиком.

Блок Часть файла фиксированной длины, передаваемая одним сообщением DATA. Блоки нумеруются с нуля.

Окно Наибольшее число блоков, которое отправитель может передать дальше первого недостающего у получателя блока.

Опрос	Сообщение POLL, которым отправитель запрашивает у получателя отчет о принятых блоках.
Отчет	Сообщение STATE, в котором получатель сообщает, какие блоки он принял.
Частичная копия	Не полностью принятый файл с журналом принятых блоков. Используется для продолжения передачи.
Корень службы	Каталог БК, относительно которого служба разрешает относительные пути. По умолчанию `/var/lib/yksa-ft`.

2 Общие положения

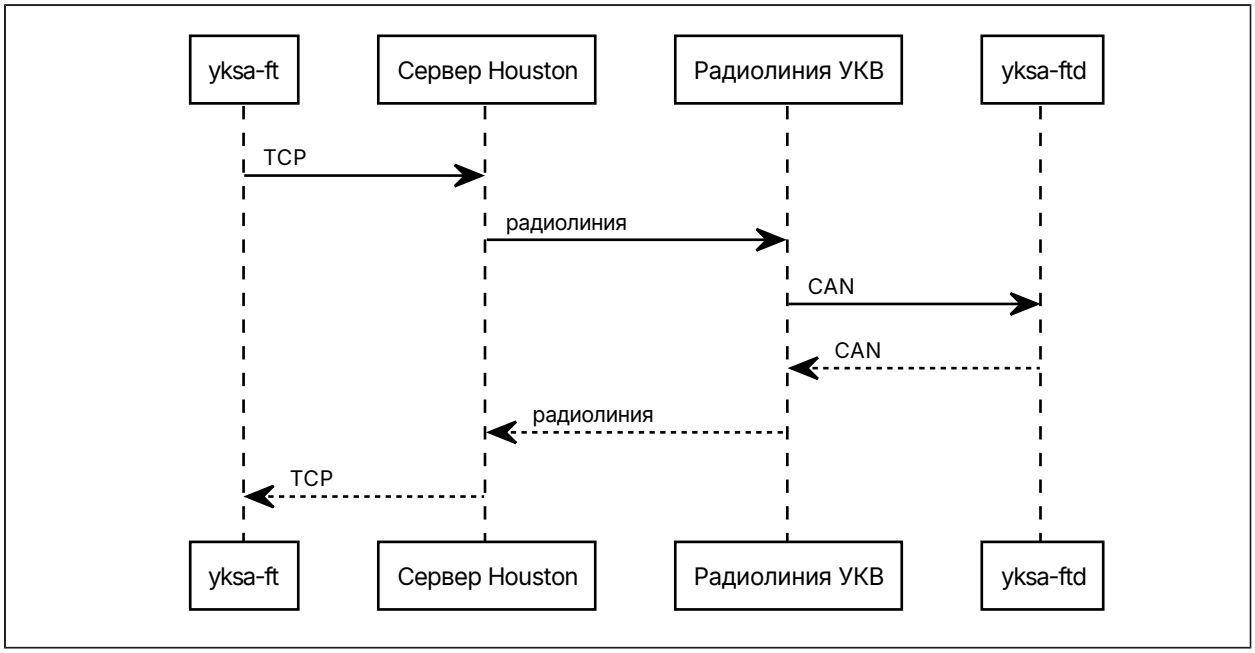
Раздел описывает принцип работы программного комплекса и соглашения, принятые в документе.

2.1 Принцип работы

2.1.1 Схема обмена

Утилита yksa-ft подключается к серверу Houston по TCP. Сервер Houston передает сообщения UniCAN на борт КА по радиолинии. На борту сообщения поступают на шину CAN, где их принимает служба yksa-ftd. Ответы службы проходят тот же путь в обратном направлении.

Рисунок 2.1.1-1 — Схема обмена



По умолчанию наземная станция имеет адрес UniCAN 0x01, служба на БК имеет адрес 0x0F.

Для передачи используются сообщения UniCAN с идентификаторами 0x0D00–0x0D09. Формат сообщений приведен в приложении «Сообщения протокола».

2.1.2 Сессии

Каждая операция выполняется в отдельной сессии. Инициатор открывает сессию сообщением OPEN. Ответчик отвечает сообщением ACCEPT. Сообщение содержит параметры передачи либо код статуса с причиной отказа. Сессия завершается сообщением CLOSE (может быть отправлено как инициатором, так и ответчиком).

Все управляющие сообщения повторяются с фиксированным интервалом до получения ответа. Интервал задается параметром `--ack-timeout` (по умолчанию 5 с). Повтор уже полученного сообщения не изменяет состояние сессии. Сообщение CLOSE подтверждается ответной квитанцией CLOSE с флагом подтверждения.

Служба поддерживает выполнение нескольких сессий одновременно.

2.1.3 Блочная передача

Файл передается блоками фиксированной длины. Отправитель передает блоки с паузой между ними и после заданного числа блоков (параметр `--poll-every`) запрашивает у получателя отчет. Отчет содержит номер первого недостающего блока и битовую карту следующих за ним блоков. Потерянные блоки автоматически передаются повторно.

После приема всех блоков получатель проверяет контрольную сумму CRC-32 файла и переименовывает файл.

Радиолиния УКВ работает в полудуплексном режиме. Во время передачи КА не может принимать сообщения с Земли. По этой причине получатель передает отчет только в ответ на опрос, а отправитель после опроса делает паузу.

2.1.4 Продолжение передачи

Получатель записывает принимаемый файл во временный файл `<имя>.part` и ведет журнал принятых блоков в файле `<имя>.ftj`. При прерывании передачи (отмена оператором, потеря связи, аварийное завершение работы) оба файла сохраняются.

Повторный запуск той же команды продолжает передачу с того места, где она была прервана. Отправитель получает от получателя номер первого недостающего блока и передает только недостающие блоки. Если файл на стороне отправителя изменился (изменился размер или CRC-32), журнал сбрасывается и передача начинается заново.

При загрузке файла с борта утилита yksa-ft также записывает файл сессии `<имя>.fts`. Файл сессии позволяет повторно запущенной утилите продолжить ту же сессию без открытия новой. Подробнее см. раздел «Перезапуск утилиты во время загрузки».

2.1.5 Версии протокола

Служба и утилита сообщают друг другу версию протокола в сообщениях OPEN и ACCEPT. Версия 2 сохраняет формат всех сообщений версии 1. Программы версий 1 и 2 совместимы.

Версия 2 добавляет:

- подтверждение сообщения CLOSE;
- ограничение времени загрузки (параметр `--duration`) на стороне службы;
- остановку отправителя после `--poll-every` блоков без отчета.

2.2 Соглашения

2.2.1 Формат записи команд

Команды приводятся в формате

`yksa-ft [параметры] КОМАНДА АРГУМЕНТЫ`,

где:

- КОМАНДА — имя команды утилиты, например `get`;
- АРГУМЕНТЫ — аргументы команды. Обязательные аргументы записываются прописными буквами. Необязательные аргументы заключаются в квадратные скобки;
- параметры — параметры начинаются с `--`. Значение параметра записывается через пробел или через знак `=`: `--bitrate 19200` или `--bitrate=19200`.

Параметры и аргументы допускается записывать в любом порядке.

Пример: `yksa-ft get --bitrate 19200 cam/0001.jpg`.

2.2.2 Пути к файлам

- REMOTE — путь к файлу на БК. Путь без начального `/` отсчитывается от корня службы (по умолчанию `/var/lib/yksa-ft`). Путь с начальным `/` используется без изменений;
- LOCAL — путь к файлу на наземной станции. Путь отсчитывается от текущего каталога. Если LOCAL не указан, используется имя файла из REMOTE.

Пример: путь `cam/0001.jpg` соответствует файлу `/var/lib/yksa-ft/cam/0001.jpg` на БК.

2.2.3 Числа

Адреса UniCAN и другие числовые значения записываются в десятичной форме или в шестнадцатеричной форме с префиксом `0x`. Длительности указываются в миллисекундах (MS) или в секундах (S) в соответствии с описанием параметра. Скорости радиолинии указываются в бит/с.

2.2.4 Строка состояния

Во время передачи утилита выводит строку состояния. Строка содержит:

- долю файла, принятую получателем, в процентах;
- число принятых и общее число блоков;
- объем принятых данных и размер файла;
- среднюю скорость передачи;
- время с начала передачи;
- оценку оставшегося времени (ETA).

При передаче на борт вместо числа принятых блоков выводятся число переданных блоков (`sent`), число блоков, прием которых подтвержден БК (`ack`), и число повторно переданных блоков (`resent`).

Пример строки состояния при загрузке файла с борта:

```
 42%  27/64 blocks  16.8K/39.7K  412B/s  0:41  ETA 0:56
```

2.2.5 Коды завершения

Утилита yksa-ft завершается с одним из следующих кодов:

Таблица 2.2.5-1 — Коды завершения yksa-ft

КОД	ЗНАЧЕНИЕ
0	Операция выполнена успешно.
1	Операция завершилась ошибкой. Утилита выводит код статуса (см. раздел «Коды статуса»).
2	Неверные аргументы или параметры командной строки.
3	Нет подключения к серверу Houston или к интерфейсу CAN.
4	Файл принят не полностью. Частичная копия сохранена, повторный запуск команды продолжит передачу.

Код 4 возвращается командой `get` с параметром `--duration` или `--detach`, командой `get` при потере соединения с сервером Houston, а также командой `merge`.

3 Подготовка к работе

Раздел описывает требования к бортовому и наземному оборудованию, установку службы yksa-ftd на БК и установку утилиты yksa-ft на наземную станцию.

3.1 Требования

3.1.1 Бортовой компьютер

Для работы службы yksa-ftd на БК необходимы:

- ОС Linux с системой инициализации systemd. Работа проверена на ОС Raspbian 11;
- интерфейс SocketCAN `can0`, настроенный на скорость шины CAN платформы;
- компилятор gcc с поддержкой стандарта C11, программа make;
- программа tar с поддержкой сжатия bzip2;
- доступ к БК с правами root по telnet;
- свободное место в файловой системе для принимаемых файлов.

Служба собирается из исходного кода непосредственно на БК. Для сборки не требуются дополнительные библиотеки, за исключением стандартной библиотеки C и заголовочных файлов.

Готовые исполняемые файлы для БК поставляются по запросу.

3.1.2 Наземная станция

Для работы утилиты yksa-ft на наземной станции необходимы:

- ОС Windows 10 или новее (x64) либо ОС Linux;
- сервисное ПО Houston Server ООО «СПУТНИКС», подключенное к наземной станции;
- сетевой доступ к TCP-порту сервера Houston (по умолчанию 2323).

Исполняемый файл для ОС Windows не требует установки дополнительных библиотек. Утилита может быть запущена из командной строки cmd, PowerShell или Git Bash. Допускается запуск в окружении MSYS2 (MINGW64).

3.1.3 Адреса и идентификаторы сообщений

Служба использует адрес UniCAN бортового компьютера (по умолчанию 0x0F). Наземная станция использует адрес 0x01.

> **!** Сообщения с идентификаторами 0x0D00–0x0D2F не должны использоваться другими устройствами и программами КА. Перед установкой службы на БК проверьте интерфейсный контрольный документ КА.

3.1.4 Радиолиния

Параметры передачи по умолчанию рассчитаны на радиолинию УКВ платформы SXC3 со скоростью 2400 бит/с «Земля-Борт» и 9600 бит/с «Борт-Земля». Для других скоростей укажите их параметрами `--uplink` и `--bitrate`, см. раздел «Параметры радиолинии».

3.2 Установка службы на БК

3.2.1 Комплект поставки

Служба поставляется ООО «ЯКС» в виде двух файлов:

- `yksa-ftd-src.tar.bz2` — архив исходного кода. Комментарии и пустые строки из исходного кода удалены для уменьшения объема передачи;
- `deploy-ftd.sh` — сценарий сборки и установки.

Версия службы записана в файле `VERSION` внутри архива.

3.2.2 Первичная установка

Для установки службы необходимо выполнить следующие действия:

1. Передать оба файла в один каталог на БК штатными средствами платформы (например, утилитой uft);
2. Подключиться к БК по telnet или другими средствами и получить права root;
3. Перейти в каталог с файлами и запустить сценарий установки:

```
nohup sh deploy-ftd.sh > deploy-ftd.log 2>&1 &
```

4. Дождаться завершения сценария. Сборка на БК занимает несколько минут;
5. Проверить файл `deploy-ftd.log`. Последняя строка при успешной установке:

```
deploy: yksa-ftd is running, source in /usr/local/src/yksa-ftd, previous version in /var/
backups/yksa-ftd
```

6. Проверить работу службы с наземной станции командой `yksa-ft status`.

Сценарий запускается через `nohup`, так как соединение telnet может прерваться до окончания сборки.

3.2.3 Действия сценария установки

Сценарий `deploy-ftd.sh` выполняет следующие действия:

1. Распаковывает архив во временный каталог в `/var/tmp`;
2. Собирает службу. При ошибке сборки выводит последние 30 строк журнала сборки и завершается. Установленная ранее версия не изменяется;
3. Сохраняет предыдущую версию программы и файла службы systemd в `/var/backups/yksa-ftd`;
4. Устанавливает программу в `/usr/local/bin/yksa-ftd` и файл службы в `/etc/systemd/system/yksa-ftd.service`. Файлы дополнительной настройки службы (`yksa-ftd.service.d`) переносятся в каталог резервной копии;
5. Включает и запускает службу;
6. Проверяет, что служба работает без перезапуска в течение 10 с. В противном случае восстанавливает предыдущую версию и завершается с ошибкой;
7. Сохраняет исходный код в `/usr/local/src/yksa-ftd`.

Сценарий не изменяет настройки интерфейса `can0`.

3.2.4 Параметры службы

Служба запускается systemd со следующими параметрами:

```
/usr/local/bin/yksa-ftd --iface can0 --addr 0x0F --root /var/lib/yksa-ft --log-level
 notice
```

При завершении служба перезапускается systemd через 5 с. Журнал службы доступен командой `journalctl -u yksa-ftd`. Уровень `notice` записывает в журнал запуск, остановку и ошибки.

Для изменения параметров необходимо:

1. Изменить строку `ExecStart` в файле `/etc/systemd/system/yksa-ftd.service`;
2. Выполнить `systemctl daemon-reload`;
3. Выполнить `systemctl restart yksa-ftd`.



Сценарий установки заменяет файл службы. После каждой переустановки изменения параметров необходимо повторить.

Перечень параметров службы приведен в разделе «Параметры yksa-ftd».

3.2.5 Корень службы

Служба разрешает относительные пути от каталога, заданного параметром `--root`. Команды `ls` и `rm` работают только внутри этого каталога. Команды `get`, `put` и `stream` принимают также абсолютные пути.

Служба работает от пользователя root. Права доступа к файлам не ограничиваются.

3.2.6 Обновление службы

Обновление службы выполняется одним из двух способов:

- по telnet, повторным запуском сценария установки с новым архивом;
- передачей архива и сценария установки по радиолинии командой `put` и запуском сценария по telnet. Порядок действий приведен в разделе «Обновление службы по радиолинии».

3.3 Установка утилиты на наземную станцию

3.3.1 ОС Windows

Утилита поставляется в виде исполняемого файла `yksa-ft.exe`. Установка не требуется. Рекомендуется скопировать файл в каталог, указанный в переменной окружения `PATH`.

3.3.2 ОС Linux

Утилита собирается из архива исходного кода `yksa-ft-src.tar.bz2`. Для сборки необходимы компилятор gcc с поддержкой стандарта C11 и программа make:

```
1 tar -xjf yksa-ft-src.tar.bz2
2 make -C yksa-ft ft
3 sudo make -C yksa-ft install-ft
```

Утилита устанавливается в `/usr/local/bin/yksa-ft`.

3.3.3 Проверка

Для проверки утилиты необходимо выполнить следующие действия:

1. Запустить сервер Houston и убедиться, что сервер подключен к наземной станции;
2. Проверить версию утилиты:

```
yksa-ft --version
```

3. Во время сеанса связи запросить состояние службы:

```
yksa-ft status
```

Если сервер Houston запущен на другом компьютере, его адрес указывается параметром `--houston`:

```
yksa-ft --houston 192.168.1.10:2323 status
```

Пример ответа команды `status`:

```
1 version  ftd-2 1.2.1+4980cc90
2 uptime   86213 s
3 free     5120344 KiB
4 cpu      41.2 C
5 clock    2026-11-21 08:15:02 UTC, -0.8 s from ours
6 sessions 0
```

Описание полей ответа приведено в разделе «Состояние службы».

4 Работа с комплексом

Раздел описывает операции оператора наземной станции. Все команды выполняются во время сеанса связи с КА, если не указано иное.

> Перед запуском утилиты в окружении Git Bash или MSYS2 (MINGW64) рекомендуется выполнить команду `export MSYS_NO_PATHCONV=1`, чтобы отключить автоматическую конвертацию путей в стиле Windows в пути в стиле Unix.

4.1 Загрузка файла с борта

4.1.1 Загрузка файла

Загрузка файла с БК выполняется командой

`yksa-ft get REMOTE [LOCAL]`

Пример:

```
yksa-ft get /var/log/syslog
yksa-ft get cam/0001.jpg images/0001.jpg
```

Утилита выводит строку состояния до окончания передачи. При успешной загрузке утилита выводит `get: ok` и завершается с кодом 0. Файл LOCAL записывается только после проверки CRC-32.

Если файл LOCAL уже существует и частичной копии нет, загрузка отклоняется со статусом `exists`. Для перезаписи файла укажите параметр `--force`.

4.1.2 Продолжение загрузки

Если загрузка прервана до окончания, частичная копия сохраняется в файлах `LOCAL.part` и `LOCAL.ftj`. Для продолжения загрузки необходимо повторить ту же команду. Передаются только недостающие блоки.

Параметр `--restart` удаляет частичную копию и начинает загрузку заново.

Загрузка прерывается в следующих случаях:

- оператор нажал ctrl-C. Утилита отменяет передачу на борту и ожидает подтверждения отмены. Повторное нажатие ctrl-C завершает утилиту без ожидания;
- потеряно соединение с сервером Houston;
- закончился сеанс связи. Служба прекращает передачу после 16 опросов без ответа с интервалом `--ack-timeout`, по умолчанию через 80 с.

4.1.3 Перезапуск утилиты во время загрузки

Во время загрузки утилита записывает файл сессии `LOCAL.fts`. Если утилита завершилась без отмены передачи на борту, служба некоторое время продолжает передачу. Это происходит в следующих случаях:

- утилита запущена с параметром `--detach` и оператор нажал ctrl-C;
- утилита завершилась аварийно или была остановлена средствами ОС;
- потеряно соединение с сервером Houston.

Повторный запуск той же команды восстанавливает сессию. Утилита принимает блоки и отвечает на опросы службы. Если в течение `--ack-timeout` от службы ничего не принято, утилита повторно открывает сессию с тем же номером.

Пример:

```
yksa-ft get --detach --bitrate 19200 cam/0001.jpg
yksa-ft get --bitrate 19200 cam/0001.jpg
```

Служба версии 2 прекращает передачу после 16 опросов без ответа с интервалом `--ack-timeout` (по умолчанию 80 с). Если утилита была перезапущена после истечения этого времени, будет открыта новая сессия, и передача продолжится с последнего недостающего блока.

4.1.4 Загрузка с ограничением по времени

Параметр `--duration S` ограничивает время загрузки S секундами (не более 3600). Ограничение передается службе в сообщении OPEN. Служба версии 2 прекращает передачу по истечении времени, для службы версии 1 утилита отменяет передачу самостоятельно.

Ограничение по времени применяется для загрузки больших файлов за несколько сеансов связи. В каждом сеансе выполняется одна и та же команда:

```
yksa-ft get --duration 420 --bitrate 19200 --uplink 9600 cam/0001.jpg
```

Коды завершения:

- 0 — файл принят полностью;
- 4 — время истекло, частичная копия сохранена. Команду необходимо повторить в следующем сеансе.

При загрузке с ограничением по времени служба прекращает передачу после 16 блоков без отчета. При потере связи с наземной станцией радиолиния КА освобождается не позднее чем через 13 с при скорости 19200 бит/с. Количество блоков без отчета, после которых служба прекращает передачу, может быть изменено параметром `--window` (по умолчанию 16).

Параметр `--dry-run` выводит оценку объема данных, который будет принят за указанное время, и завершает утилиту без обращения к КА:

```
yksa-ft get --duration 420 --bitrate 19200 --uplink 9600 --dry-run cam/0001.jpg
```

Пример вывода:

```
plan: 420 s at 19200 bit/s down, 9600 up: about 425 blocks of 636 bytes, every 816 ms,
 report every 16
```

Оценка учитывает время передачи блоков, паузы после опросов и открытие сессии. Параметр `--margin` (по умолчанию 10 %) задает долю блоков, резервируемую на потери.

4.1.5 Загрузка одного файла несколькими станциями

Один файл может загружаться несколькими наземными станциями, работающими в разных сеансах связи. Каждая станция загружает свою часть файла (диапазон байтов). Затем части объединяются на одном компьютере, и недостающие блоки загружаются отдельной командой.

Порядок действий:

1. На каждой станции загрузить свой диапазон байтов параметром `--range OFF[:LEN]`. Без LEN диапазон продолжается до конца файла:

```
1 yksa-ft get --range 0:400000 cam/0001.jpg
2 yksa-ft get --range 400000 cam/0001.jpg
```

   Частичная копия сохраняется после приема диапазона;
2. Скопировать частичные копии (`.part` и `.ftj`) со всех станций на один компьютер;
3. Объединить копии командой `merge`:

```
yksa-ft merge 0001.jpg st1/0001.jpg st2/0001.jpg
```

   Команда `merge` выполняется без связи с КА. Код завершения 0 означает, что файл собран полностью. Код завершения 4 означает, что часть блоков отсутствует. Недостающие диапазоны выводятся в формате параметра `--range`;
4. Загрузить недостающие блоки:

```
yksa-ft get cam/0001.jpg 0001.jpg
```

Все станции должны использовать одинаковый размер блока (`--block`). Команда `merge` отклоняет копии с разным размером блока, размером файла или CRC-32.

Параметр `--range` допускается совместно с `--duration`. Загрузка завершается после приема диапазона, не дожидаясь истечения времени. Если время истекло раньше, команда завершается с кодом 4, и в следующем сеансе выполняется та же команда:

```
yksa-ft get --duration 420 --bitrate 19200 --uplink 9600 --range 0:400000 cam/0001.jpg
```

4.2 Параметры радиолинии

4.2.1 Размер блока

Сообщение UniCAN передается по радиолинии одним кадром, состоящим из целого числа кодовых блоков RS(255,223). Радиолиния и UniCAN добавляют к блоку файла 33 байта. Размеры блоков файла подобраны так, чтобы кадр заполнял целое число кодовых блоков:

Таблица 4.2.1-1 — Размеры блоков

РАЗМЕР БЛОКА, БАЙТ	КОДОВЫХ БЛОКОВ	ПРИМЕНЕНИЕ
190	1	Передача на борт. Наибольший кадр, принимаемый радиолинией на борт.
636	3	Загрузка с борта. Значение по умолчанию.
1751	8	Загрузка с борта при хорошей радиолинии.

Блок большего размера снижает накладные расходы, но потеря одного кадра обходится дороже. Размер блока задается параметром `--block`. Отправитель уменьшает блок, если сообщение не помещается в наибольший размер сообщения (`--mtu`): 195 байт для yksa-ft и 1756 байт для yksa-ftd.

4.2.2 Интервал между блоками

Интервал между блоками не должен быть меньше времени передачи кадра по радиолинии. В противном случае очередь передатчика переполняется и кадры теряются.

Утилита рассчитывает интервал по скорости радиолинии:

- для команд `get` и `stream` по скорости на Землю (параметр `--bitrate`, по умолчанию 9600 бит/с);
- для команды `put` по скорости на борт (параметр `--uplink`, по умолчанию 2400 бит/с).

Параметр `--interval` задает интервал явно и отменяет расчет.

Таблица 4.2.2-1 — Расчетный интервал между блоками, мс

РАЗМЕР БЛОКА, БАЙТ	2400 БИТ/С	4800 БИТ/С	9600 БИТ/С	19200 БИТ/С
190	2243	1122	561	281
636	6527	3264	1632	816
1751	17237	8619	4310	2155

Для команды `put` интервал рассчитывается для блока 190 байт по скорости на борт (2243 мс при 2400 бит/с, 561 мс при 9600 бит/с).

Расчет основан на модели кодирования RS(255,223), умноженной на поправочный коэффициент `--air-pct` (по умолчанию 240 %). Коэффициент измерен в ходе испытаний. Блоки 636 байт при скорости 19200 бит/с на Землю и 9600 бит/с на борт передавались со скоростью не более 800 байт/с. При повторных измерениях радиолинии укажите новое значение коэффициента.

4.2.3 Опросы и отчеты

Получатель передает отчет только в ответ на опрос. Отправитель передает опрос после каждых `--poll-every` блоков (по умолчанию 64, при `--duration` 16) и ожидает отчета. Опрос передается не ранее чем через один интервал после последнего блока, затем повторяется каждые `--ack-timeout` миллисекунд до получения отчета.

Параметр `--poll-every 0` отключает опросы. В этом режиме получатель передает отчеты сам через каждые `--ack-every` блоков. Режим не рекомендуется для полудуплексной радиолинии: отчеты, переданные во время передачи КА, теряются.

Все параметры передачи задаются на стороне инициатора и передаются службе в сообщении OPEN. Служба ограничивает их своими предельными значениями.

4.2.4 Рекомендуемые значения

Таблица 4.2.4-1 — Рекомендуемые параметры загрузки

УСЛОВИЯ	ПАРАМЕТРЫ
Скорость на Землю 19200 бит/с	`--bitrate 19200`
Хорошая радиолиния, большой файл	`--block 1751`
Большие потери на Землю	`--block 190`
Большие потери на борт, опросы теряются	`--poll-every 128`
Отчеты приходят с задержкой	`--ack-timeout 8000`

Значение `--poll-every` не может превышать размер окна `--window` (по умолчанию 256).

4.3 Передача файла на борт

4.3.1 Передача файла

Передача файла на БК выполняется командой

`yksa-ft put LOCAL REMOTE`

Пример:

```
yksa-ft put config.txt cfg/config.txt
```

Служба записывает принимаемый файл в `REMOTE.part` и переименовывает его после проверки CRC-32. При успешной передаче утилита выводит `put: ok` и завершается с кодом 0.

Если файл REMOTE уже существует, передача отклоняется со статусом `exists`. Для перезаписи файла укажите параметр `--force`. Если размер файла превышает свободное место на БК, передача отклоняется со статусом `no space`.

Параметр `--exec` устанавливает новому файлу права 0755. Перезаписанный файл сохраняет свои права (опция `--exec` не применяется). По умолчанию устанавливаются права 0644.

4.3.2 Параметры передачи

На борт файл передается блоками по 190 байт (один кодовый блок радиолинии на борт). Поддерживаемые размеры блоков аналогичны утилите `uft`. Интервал между блоками рассчитывается по скорости радиолинии на борт, заданной параметром `--uplink` (по умолчанию 2400 бит/с, интервал 2243 мс).

Для более частых отчетов БК используйте параметр `--poll-every`:

```
yksa-ft put --poll-every 16 big.bin big.bin
```

4.3.3 Продолжение передачи

Частичная копия хранится на БК. Для продолжения прерванной передачи необходимо повторить ту же команду. Передаются только недостающие блоки. Параметр `--restart` удаляет частичную копию и начинает передачу заново.

4.3.4 Обновление службы по радиолинии

Для обновления службы по радиолинии необходимо выполнить следующие действия:

1. Передать новый архив исходного кода и скрипт `deploy-ftd.sh` на БК командой `put`:

```
1 yksa-ft put --force yksa-ftd-src.tar.bz2 yksa-ftd-src.tar.bz2
```

```
2 yksa-ft put --force deploy-ftd.sh deploy-ftd.sh
```

2. Через telnet подключиться к БК и получить права root;
3. Перейти в каталог `/var/lib/yksa-ft` и запустить сценарий установки:

```
1 cd /var/lib/yksa-ft
2 nohup sh deploy-ftd.sh > deploy-ftd.log 2>&1 &
```

4. Дождаться завершения сценария. Сборка на БК занимает несколько минут. Проверить успешность установки можно по последней строке файла `deploy-ftd.log`:

```
tail -n 1 deploy-ftd.log
```

```
deploy: yksa-ftd is running, source in /usr/local/src/yksa-ftd, previous version in /var/
backups/yksa-ftd
```

5. Проверить версию службы:

```
yksa-ft status
```

4.4 Потоковая передача

4.4.1 Назначение

При потоковой передаче служба передает файл в формате утилиты uft без подтверждений. Канал на борт не используется. Потоковая передача применяется при плохой радиолинии на борт.

Блоки, потерянные при потоковой передаче, загружаются затем командой `get`. Частичная копия потоковой передачи совместима с частичной копией команды `get`.

4.4.2 Запрос потоковой передачи

Потоковая передача запрашивается командой

`yksa-ft stream REMOTE [LOCAL]`

Пример:

```
yksa-ft stream cam/0001.jpg
```

Служба передает блоки с интервалом, рассчитанным по `--bitrate`, затем передает сообщение CLOSE с размером и CRC-32 файла. Если все блоки приняты, утилита проверяет CRC-32 и переименовывает файл.

Если часть блоков потеряна, утилита завершается со статусом `incomplete`. Для загрузки недостающих блоков выполните:

```
yksa-ft get cam/0001.jpg
```

Если поток прерывается дольше, чем на `--ack-timeout` и четыре средних интервала между блоками, утилита завершает прием со статусом `incomplete`, не дожидаясь CLOSE.

4.4.3 Прием потоков

Команда

`yksa-ft listen [DIR]`

принимает все потоки, адресованные наземной станции, и сохраняет файлы в каталог DIR (по умолчанию текущий каталог). Команда работает до нажатия ctrl-C.

Пример:

```
yksa-ft listen streams/
```

> Не запускайте `listen` одновременно с командой `get`. Обе программы используют адрес 0x01. Утилита ранних версий в режиме `listen` отвечает на опросы службы статусом `no session` и прерывает загрузку.

4.4.4 Потоковая передача по команде с борта

Потоковую передачу может начать сам КА, например из бортового сценария. Для этого на БК устанавливается утилита yksa-ft (архив `yksa-ft-src.tar.bz2`, сценарий `deploy-tool.sh ft`), а на наземной станции запускается команда `listen`.

На БК выполняется команда:

```
yksa-ft --can can0 --addr 0x1E stream-to 0x01 cam/0002.jpg
```

где `0x1E` — свободный адрес UniCAN, от имени которого утилита обращается к службе, а `0x01` — адрес получателя потока.

Служба начинает потоковую передачу только по сообщению OPEN. Входящие сообщения утилиты uft не обрабатываются.

4.5 Передача файла утилитой uft

4.5.1 Назначение

Некоторые устройства КА (например, бортовой приёмопередатчик УКВ) принимают файлы только по протоколу утилиты uft ООО «СПУТНИКС». По команде служба может вызвать штатную утилиту uft на БК и передать файл другому устройству КА.

4.5.2 Передача файла

Передача выполняется командой

`yksa-ft uft REMOTE DEST`,

где DEST — адрес UniCAN устройства-получателя.

Пример:

```
1  yksa-ft put m0042.jpg mfs/m0042.jpg
2  yksa-ft uft mfs/m0042.jpg 0x02
3  yksa-ft get mfs/m0042.jpg.log
```

Служба выполняет команду

```
uft -f=<путь> -m=tx -to=<DEST> -from=<адрес службы>
```

Вывод утилиты uft записывается в файл `REMOTE.log` на БК. Имя файла у получателя совпадает с именем файла REMOTE без каталога.

Утилита yksa-ft ожидает завершения uft и выводит результат: `ok` либо `failed`. При результате `failed` причина записывается в файле `REMOTE.log`.

4.5.3 Особенности

- Утилита uft должна быть доступна на БК через переменную `PATH`. Другой путь может быть задан параметром службы `--uft`;
- служба прерывает утилиту uft, если она работает дольше `--uft-timeout` секунд (по умолчанию 600). При этом возвращается результат `failed`;
- нажатие ctrl-C завершает yksa-ft, но не прерывает uft на борту. Повторный запуск той же команды продолжает ожидание результата;
- одновременно выполняется только одна внешняя программа. Запрос другой программы или другого файла отклоняется со статусом `busy`;
- пока работает uft, служба не передает длинные сообщения устройству-получателю. Ответы наземной станции передаются без ограничений;

- имя файла для приёмопередатчика УКВ не должно превышать 20 байт.

> Если обработчик uft на стороне приёмопередатчика УКВ неисправен, передача завершается сразу с сообщением «File open error on responder side» в файле журнала. Неисправность может быть устранена перезагрузкой приёмопередатчика УКВ. После этого повторите команду uft.

4.6 Служебные команды

4.6.1 Состояние службы

Состояние службы запрашивается командой `yksa-ft status`.

Пример ответа:

```
version  ftd-2 1.2.1+4980cc90
uptime   86213 s
free     5120344 KiB
cpu      41.2 C
clock    2026-11-21 08:15:02 UTC, -0.8 s from ours
sessions 0
```

Таблица 4.6.1-1 — Поля ответа status

ПОЛЕ	ОПИСАНИЕ
version	Версия протокола (`ftd-2`), версия службы и идентификатор сборки.
uptime	Время работы службы с момента запуска, с.
free	Свободное место в файловой системе корня службы, КиБ.
cpu	Температура процессора БК, °C. 0, если температура неизвестна.
clock	Время БК (UTC) и его отклонение от времени наземной станции, с. Отклонение включает время прохождения ответа по радиолинии.
sessions	Число открытых сессий.
tool	Выводится, если работает внешняя программа (`uft`).

4.6.2 Список файлов

Список файлов каталога внутри корня службы выводится командой

`yksa-ft ls [REMOTE_DIR]`

Без аргумента выводится содержимое корня службы.

Пример:

```
$ yksa-ft ls mfs
     12045  2026-11-20 03:12:44  m0042.jpg
       214  2026-11-20 03:14:02  m0042.jpg.log
         0  2026-11-19 22:00:10  old/
free 5120344 KiB
```

Каждая строка содержит размер файла в байтах, время изменения (UTC) и имя. Имена каталогов заканчиваются знаком `/`, имена прочих объектов (ссылок, устройств) знаком `@`. Последняя строка содержит свободное место.

Длинные каталоги передаются несколькими сообщениями. Утилита запрашивает их по очереди.

4.6.3 Удаление файла

Файл внутри корня службы удаляется командой

`yksa-ft rm REMOTE`

Команда удаляет только обычные файлы. Служба отклоняет запрос со статусом:

- `denied`, если путь выходит за пределы корня службы или указывает не на обычный файл;

- `busy`, если файл используется передачей или внешней программой.

Абсолютные пути и пути с `..` не допускаются. Удаление других файлов выполняется по telnet.

4.6.4 Перезапуск службы

Служба перезапускается командой `yksa-ft restart`. Служба отвечает на команду и завершается. systemd запускает службу повторно через 5 с.

Служба отклоняет перезапуск со статусом `busy`, пока работает внешняя программа. Служба, запущенная менее 30 с назад, подтверждает команду без повторного перезапуска.

Команда применяется после замены исполняемого файла службы.

4.7 Нештатные ситуации

4.7.1 Перечень нештатных ситуаций

Таблица 4.7.1-1 — Нештатные ситуации

ПРИЗНАК	ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА	ДЕЙСТВИЯ ОПЕРАТОРА
`cannot connect to <адрес>: error <код>`, код завершения 3	Сервер Houston не запущен, указан неверный адрес или порт	Проверить работу сервера Houston. Указать адрес параметром `--houston`.
Команда завершается со статусом `timeout`	Нет связи с КА, служба не работает, служба использует другой адрес	Проверить, что идет сеанс связи. Проверить адрес службы (`--to`). Проверить состояние службы по telnet: `systemctl status yksa-ftd`.
Статус `exists`	Файл-получатель уже существует	Указать `--force` для перезаписи либо другое имя файла.
Статус `busy`	Файл используется другой передачей, работает внешняя программа	Дождаться окончания операции. Проверить командой `status`.
Статус `no space`	Недостаточно места на БК	Удалить ненужные файлы командой `rm`. Проверить свободное место командой `status`.
Статус `not found`	Неверный путь к файлу	Проверить путь командой `ls`. Относительные пути отсчитываются от корня службы.
Статус `denied`	Путь выходит за пределы корня службы	Указать путь внутри корня службы.
Статус `CRC mismatch`	Файл изменился во время передачи	Повторить команду с параметром `--restart`.
Статус `incomplete` после `stream`	Часть блоков потеряна	Загрузить недостающие блоки командой `get`.
Код завершения 4, `the time is up`	Истекло время `--duration`	Повторить команду в следующем сеансе связи.
Большое число повторно переданных блоков (`resent`), низкая скорость	Интервал между блоками меньше времени передачи кадра, очередь передатчика переполняется	Уменьшить `--bitrate` (`--uplink` для `put`) или увеличить `--air-pct`.
Загрузка начинается заново, частичная копия удаляется	Файл на БК изменился (размер или CRC-32)	Действий не требуется.
Команда `uft` завершается со статусом `failed`	Ошибка утилиты uft или превышено время `--uft-timeout`	Загрузить и проверить файл журнала `REMOTE.log`.

4.7.2 Восстановление службы

Если служба не отвечает на команды во время сеанса связи, необходимо:

1. Подключиться к БК по telnet;
2. Проверить состояние службы: `systemctl status yksa-ftd`;

3. Просмотреть журнал службы: `journalctl -u yksa-ftd -n 50`;
4. При необходимости перезапустить службу: `systemctl restart yksa-ftd`;
5. Если исполняемый файл службы поврежден, переустановить службу сценарием `deploy-ftd.sh` (см. раздел «Установка службы на БК»). Предыдущая версия программы хранится в каталоге `/var/backups/yksa-ftd`.

5 Справочник

Раздел содержит описание команд и параметров программ комплекса и кодов статуса.

5.1 Команды yksa-ft

5.1.1 Перечень команд

Таблица 5.1.1-1 — Команды yksa-ft

КОМАНДА	НАЗНАЧЕНИЕ	СВЯЗЬ С КА
`get REMOTE [LOCAL]`	Загрузить файл с БК. Продолжает загрузку по частичной копии LOCAL.	Да
`put LOCAL REMOTE`	Передать файл на БК.	Да
`merge LOCAL COPY…`	Объединить частичные копии одного файла в LOCAL.	Нет
`stream REMOTE [LOCAL]`	Запросить потоковую передачу файла без подтверждений.	Да
`stream-to DEST REMOTE`	Запустить потоковую передачу файла REMOTE получателю DEST. Выполняется на БК.	Нет
`listen [DIR]`	Принимать потоки от любых отправителей в каталог DIR.	Да
`uft REMOTE DEST`	Передать файл REMOTE устройству DEST утилитой uft на БК.	Да
`ls [REMOTE_DIR]`	Вывести список файлов каталога внутри корня службы.	Да
`rm REMOTE`	Удалить файл внутри корня службы.	Да
`status`	Вывести состояние службы.	Да
`restart`	Перезапустить службу.	Да

Команды `flash`, `pull` и `dump` предназначены для изделий ООО «ЯКС» и в настоящем документе не рассматриваются.

5.1.2 get

Синтаксис: `yksa-ft get [параметры] REMOTE [LOCAL]`

Описание: Загружает файл REMOTE с БК в файл LOCAL. Если LOCAL не указан, используется имя файла REMOTE без каталога. При наличии частичной копии загружаются только недостающие блоки.

Параметры команды: `--force`, `--restart`, `--detach`, `--duration`, `--dry-run`, `--margin`, `--range`, `--bitrate`, `--uplink`, `--air-pct`, параметры передачи.

Результат: Код 0 при полной загрузке. Код 4, если файл принят не полностью и частичная копия сохранена.

5.1.3 put

Синтаксис: `yksa-ft put [параметры] LOCAL REMOTE`

Описание: Передает файл LOCAL на БК в файл REMOTE. Частичная копия хранится на БК.

Параметры команды: `--force`, `--restart`, `--exec`, `--uplink`, `--air-pct`, параметры передачи.

Результат: Код 0 после проверки CRC-32 на БК.

5.1.4 merge

Синтаксис: `yksa-ft merge LOCAL COPY…`

Описание: Объединяет частичные копии одного файла, полученные разными станциями, в файл LOCAL. Выполняется без связи с КА. Выводит недостающие диапазоны байтов в формате параметра `--range`.

Результат: Код 0, если файл собран полностью и CRC-32 совпадает. Код 4, если часть блоков отсутствует. Код 1, если копии относятся к разным файлам.

5.1.5 stream

Синтаксис: `yksa-ft stream [параметры] REMOTE [LOCAL]`

Описание: Запрашивает у службы потоковую передачу файла в формате uft без подтверждений.

Результат: Код 0, если все блоки приняты. Статус `incomplete`, если часть блоков потеряна. Недостающие блоки загружаются командой `get`.

5.1.6 stream-to

Синтаксис: `yksa-ft --can IFACE --addr N stream-to DEST REMOTE`

Описание: Выполняется на БК. Запрашивает у службы потоковую передачу файла REMOTE устройству с адресом DEST. Адрес N должен быть свободным адресом UniCAN.

Результат: Код 0 после окончания передачи.

5.1.7 listen

Синтаксис: `yksa-ft listen [DIR]`

Описание: Принимает потоки, адресованные наземной станции, в каталог DIR (по умолчанию текущий каталог). Работает до нажатия ctrl-C.

Результат: Код 0.

5.1.8 uft

Синтаксис: `yksa-ft uft REMOTE DEST`

Описание: Запускает на БК утилиту uft для передачи файла REMOTE устройству с адресом DEST. Вывод утилиты uft записывается в `REMOTE.log` на БК. Ожидает завершения утилиты.

Результат: Код 0 при успешной передаче. Статус `failed` при ошибке утилиты uft.

5.1.9 ls

Синтаксис: `yksa-ft ls [REMOTE_DIR]`

Описание: Выводит список файлов каталога внутри корня службы и свободное место.

Результат: Код 0. Статус `denied`, если путь выходит за пределы корня службы.

5.1.10 rm

Синтаксис: `yksa-ft rm REMOTE`

Описание: Удаляет обычный файл внутри корня службы.

Результат: Код 0. Статус `denied` для путей вне корня и необычных файлов, `busy` для используемых файлов.

5.1.11 status

Синтаксис: `yksa-ft status`

Описание: Выводит версию службы, время работы, свободное место, температуру процессора, время БК и число открытых сессий.

Результат: Код 0.

5.1.12 restart

Синтаксис: `yksa-ft restart`

Описание: Служба отвечает на команду и завершается с кодом 3. systemd запускает службу повторно.

Результат: Код 0. Статус `busy`, если работает внешняя программа.

5.2 Параметры yksa-ft

5.2.1 Общие параметры

Таблица 5.2.1-1 — Общие параметры yksa-ft

ПАРАМЕТР	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
`--houston HOST[:PORT]`	Адрес сервера Houston.	127.0.0.1:2323
`--can IFACE`	Интерфейс SocketCAN вместо сервера Houston. Только ОС Linux.	—
`--addr N`	Собственный адрес UniCAN.	0x01
`--to N`	Адрес службы.	0x0F
`--force`	Перезаписать существующий файл.	—
`--restart`	Не использовать частичную копию, начать передачу заново.	—
`--exec`	`put`: установить новому файлу права 0755.	—
`--detach`	`get`: при нажатии ctrl-C не отменять передачу на борту.	—
`--range OFF[:LEN]`	`get`: загрузить только указанный диапазон байтов. Без LEN до конца файла.	—
`--duration S`	`get`: ограничить загрузку S секундами (1–3600).	—
`--dry-run`	`get --duration`: вывести оценку и завершиться.	—
`--margin PCT`	`--duration`: доля блоков, резервируемая на потери, % (0–90).	10
`--bitrate BPS`	Скорость радиолинии на Землю, бит/с. Задает интервал `get` и `stream`.	9600
`--uplink BPS`	Скорость радиолинии на борт, бит/с. Задает интервал `put`.	2400
`--air-pct PCT`	Поправочный коэффициент времени передачи кадра, % (100–1000).	240
`--verbose`	Выводить отладочные сообщения.	—
`--version`	Вывести версию и идентификатор сборки.	—

5.2.2 Параметры передачи

Параметры передачи общие для yksa-ft и yksa-ftd. Значения инициатора передаются в сообщении OPEN. Служба ограничивает их своими предельными значениями.

Таблица 5.2.2-1 — Параметры передачи

ПАРАМЕТР	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
`--block N`	Размер блока, байт (не более 4096).	636 (`put`: 190)
`--window N`	Наибольшее число блоков дальше первого недостающего.	256 (`--duration`: 16)
`--ack-every N`	Получатель передает отчет через каждые N новых блоков. 0 — не передает. Действует при `--poll-every 0`.	32
`--ack-delay MS`	Получатель передает отчет через MS после последнего нового блока. 0 — не передает.	2000
`--interval MS`	Пауза между блоками. Отменяет расчет по `--bitrate` и `--uplink`.	расчет
`--ack-timeout MS`	Интервал всех повторов: OPEN, опросов, запросов, CLOSE.	5000
`--poll-every N`	Отправитель останавливается после N блоков и опрашивает получателя до получения отчета.	64 (`--duration`: 16)
`--retries N`	Число опросов или запросов без ответа до прекращения сессии (не более 255).	16
`--wait-poll MS`	`uft`, `stream-to`: интервал опроса службы во время работы задания.	30000
`--idle-timeout MS`	Сессия без обмена завершается через MS.	600000
`--ack-min-interval MS`	Наименьший интервал между отчетами без опроса.	2000
`--flush-blocks N`	Запись журнала на диск через каждые N блоков.	64
`--mtu N`	Наибольший размер передаваемого сообщения, байт. 0 — без ограничения.	195 (yksa-ftd: 1756)

5.3 Параметры yksa-ftd

5.3.1 Параметры службы

Таблица 5.3.1-1 — Параметры yksa-ftd

ПАРАМЕТР	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
`--iface NAME`	Интерфейс SocketCAN.	can0
`--houston HOST:PORT`	Сервер Houston вместо шины CAN. Для стендовых испытаний.	—
`--addr N`	Собственный адрес UniCAN.	0x0F
`--root DIR`	Корень службы. Относительные пути отсчитываются от него.	/var/lib/yksa-ft
`--overwrite`	Разрешить перезапись файлов без параметра `--force` инициатора.	—
`--uft PATH`	Утилита uft для команды `uft`. Без каталога ищется в `PATH`.	uft
`--uft-timeout S`	Прервать утилиту uft, работающую дольше S секунд. 0 — не прерывать.	600
`--can-lock PATH`	Файл блокировки шины, общий для программ с тем же адресом. `""` — без блокировки.	/run/yksa-can.lock
`--flasher PATH`	Программа yksa-flash. Для изделий ООО «ЯКС».	/usr/local/bin/yksa-flash
`--log-level LEVEL`	Уровень журнала: err, warning, notice, info, debug.	info
`--verbose`	То же, что `--log-level debug`.	—
`--version`	Вывести версию и идентификатор сборки.	—

Служба также принимает параметры передачи (см. раздел «Параметры передачи»). Для службы они задают значения, которые применяются, если инициатор не указал параметр, а также собственные параметры службы: `--retries`, `--idle-timeout`, `--ack-min-interval`, `--flush-blocks` и `--mtu`. Значение `--mtu` по умолчанию для службы 1756 байт.

5.3.2 Журнал службы

Служба записывает сообщения в системный журнал. Журнал просматривается командой `journalctl -u yksa-ftd`. Сценарий установки задает уровень `notice`: запуск, остановка и ошибки.

5.3.3 Коды завершения службы

Таблица 5.3.3-1 — Коды завершения yksa-ftd

КОД	ЗНАЧЕНИЕ
0	Служба остановлена сигналом SIGTERM или SIGINT.
1	Не удалось создать корень службы или открыть интерфейс CAN.
2	Неверные параметры командной строки.
3	Служба завершилась по команде `restart`.

5.4 Коды статуса

5.4.1 Перечень кодов статуса

Код статуса передается в сообщениях ACCEPT, STATE, CLOSE и LIST_REPLY. Утилита выводит статус в виде текста после имени команды, например `get: not found`.

Таблица 5.4.1-1 — Коды статуса

КОД	ТЕКСТ	ЗНАЧЕНИЕ
0	ok	Операция выполнена успешно.
1	not found	Файл или каталог не найден.
2	I/O error	Ошибка чтения или записи файла.
3	exists	Файл-получатель существует, но параметр `--force` не указан.
4	bad request	Некорректный запрос: недопустимый путь к файлу, путь не помещается в сообщение, неизвестная операция.
5	busy	Файл используется другой передачей, работает внешняя программа, нет свободных сессий.
6	CRC mismatch	CRC-32 принятого файла не совпадает с CRC-32 отправителя.
7	timeout	Нет ответа после `--retries` повторов.
8	cancelled	Сессия отменена другой стороной.
9	no session	Сессия не найдена. Сессия могла быть завершена ранее, либо служба перезапущена.
10	unsupported	Операция не поддерживается.
11	out of memory	Недостаточно памяти.
12	incomplete	Передача завершена с потерей части блоков. Для загрузки недостающих блоков используйте команду `get`.
13	failed	Внешняя программа завершилась с ошибкой. Причина записана в файле журнала программы.
14	no space	Размер файла превышает свободное место на БК.
15	denied	Операция запрещена. Путь выходит за пределы корня службы, либо объект не является обычным файлом.
16	time up	Истекло время загрузки (`--duration`). Частичная копия сохранена.

A Типовые команды

Команды приведены для радиолинии со скоростью 9600 бит/с на борт и 19200 бит/с на Землю. Для скоростей 2400 и 9600 бит/с параметры `--bitrate` и `--uplink` не указываются.

A.1 Проверка службы

```
yksa-ft status
yksa-ft ls
yksa-ft ls cam
```

A.2 Загрузка файла с борта

Загрузка небольшого файла за один сеанс:

```
yksa-ft get --bitrate 19200 /var/log/syslog
```

Загрузка большого файла за несколько сеансов. Команда повторяется в каждом сеансе до кода завершения 0. Значение `--duration` равно длительности сеанса минус время на другие операции:

```
yksa-ft get --duration 420 --bitrate 19200 --uplink 9600 cam/0001.jpg
```

Оценка объема загрузки за сеанс без связи с КА:

```
yksa-ft get --duration 420 --bitrate 19200 --uplink 9600 --dry-run cam/0001.jpg
```

Загрузка с возможностью перезапуска утилиты:

```
yksa-ft get --detach --bitrate 19200 cam/0001.jpg
```

Загрузка файла заново, без частичной копии:

```
yksa-ft get --restart --force --bitrate 19200 cam/0001.jpg
```

A.3 Загрузка при плохой радиолинии

Большие потери на Землю:

```
yksa-ft get --block 190 --bitrate 19200 cam/0001.jpg
```

Большие потери на борт:

```
yksa-ft get --poll-every 128 --bitrate 19200 cam/0001.jpg
```

Без использования канала на борт, затем загрузка недостающих блоков:

```
yksa-ft stream --bitrate 19200 cam/0001.jpg
yksa-ft get --bitrate 19200 cam/0001.jpg
```

A.4 Загрузка одного файла несколькими станциями

```
yksa-ft get --range 0:400000 cam/0001.jpg
yksa-ft get --range 400000 cam/0001.jpg
yksa-ft merge 0001.jpg st1/0001.jpg st2/0001.jpg
yksa-ft get cam/0001.jpg 0001.jpg
```

Первая команда выполняется на станции 1, вторая на станции 2. Команды `merge` и последующая `get` выполняются на станции, собравшей частичные копии.

A.5 Передача файла на борт

```
yksa-ft put --uplink 9600 config.txt cfg/config.txt
yksa-ft put --uplink 9600 --force config.txt cfg/config.txt
yksa-ft put --uplink 9600 --exec script.sh bin/script.sh
```

A.6 Передача файла устройству КА утилитой uft

```
yksa-ft put --uplink 9600 m0042.jpg mfs/m0042.jpg
yksa-ft uft mfs/m0042.jpg 0x02
yksa-ft get --bitrate 19200 mfs/m0042.jpg.log
```

A.7 Удаление файлов

```
yksa-ft rm mfs/m0042.jpg.log
yksa-ft rm cam/0001.jpg
```

A.8 Перезапуск службы

```
yksa-ft restart
yksa-ft status
```

A.9 Подключение к удаленному серверу Houston

```
yksa-ft --houston 192.168.1.10:2323 status
```

B Сообщения протокола

B.1 Общие сведения

Приложение описывает сообщения UniCAN протокола yksa-ft версии 2. Знание формата сообщений не требуется для работы с утилитой. Сведения приводятся для анализа журналов сервера Houston и согласования идентификаторов сообщений.

Таблица B.1-1 — Идентификаторы сообщений

MSG_ID	СООБЩЕНИЕ	НАЗНАЧЕНИЕ
0x0D00	OPEN	Открытие сессии
0x0D01	ACCEPT	Ответ на открытие сессии
0x0D02	DATA	Блок файла
0x0D03	STATE	Отчет о принятых блоках
0x0D04	POLL	Опрос получателя
0x0D05	CLOSE	Завершение сессии
0x0D06	STATUS_GET	Запрос состояния службы
0x0D07	STATUS	Состояние службы
0x0D08	LIST	Запрос списка файлов
0x0D09	LIST_REPLY	Список файлов
0x0D0A–0x0D0F	—	Зарезервировано
0x0D10–0x0D2F	—	Используется изделиями ООО «ЯКС»

Потоковая передача использует сообщения утилиты uft ООО «СПУТНИКС» 0x0C20, 0x0C2B и 0x0C24. Их формат приведен в описании утилиты uft.

B.1.1 Формат описания сообщений

Описание каждого сообщения включает:

1. Название в формате *MSG_ID <идентификатор> — <краткое описание>*;
2. Описание;
3. Параметры сообщения: тип, длина данных, направление, наличие ответа;
4. Описание полей;
5. Формат сообщения;
6. Ответ.

Сообщение длиной данных до 6 байт передается коротким сообщением UniCAN, длиннее 6 байт — длинным. Для коротких сообщений приводится формат кадра вместе с полем MSG_ID. Для длинных сообщений приводится только поле данных. Разбиение длинного сообщения на кадры, кадр старта и CRC16 выполняются в соответствии с протоколом UniCAN.

Смещение поля указывается в битах относительно начала данных. Поля не выравниваются. Порядок байт всех полей LE (little-endian).

Типы данных:

uint8/uint16/uint32/uint64 Беззнаковое целое 8, 16, 32, 64 бита.

int32 Знаковое целое 32 бита.

byte8[n] Массив длиной n байт. Строки передаются без завершающего нуля, длина строки определяется длиной сообщения.

B.1.2 Операции

Таблица B.1.2-1 — Коды операций (поле OP сообщения OPEN)

КОД	ОПЕРАЦИЯ	ДЕЙСТВИЕ ОТВЕТЧИКА
0	GET	Передает файл инициатору.
1	PUT	Принимает файл от инициатора.
2	STREAM	Передает файл в формате uft без подтверждений.
3	PULL	Используется изделиями ООО «ЯКС».
4	FLASH	Используется изделиями ООО «ЯКС».
5	UFT	Запускает утилиту uft для передачи файла.
6	DELETE	Удаляет файл. Результат передается в ACCEPT.
7	RESTART	Отвечает ACCEPT и завершает работу.

Коды статуса приведены в разделе «Коды статуса».

B.2 0x0D00 OPEN — Открытие сессии

Описание: Открывает сессию. Инициатор повторяет сообщение каждые `ack_timeout_ms` до получения ACCEPT. Повторное сообщение OPEN с тем же номером сессии получает тот же ответ.

Параметры сообщения:

- Тип сообщения: длинное;
- Длина данных: 32 байта + длина пути;
- Направление: от инициатора к ответчику;
- Ответ: есть.

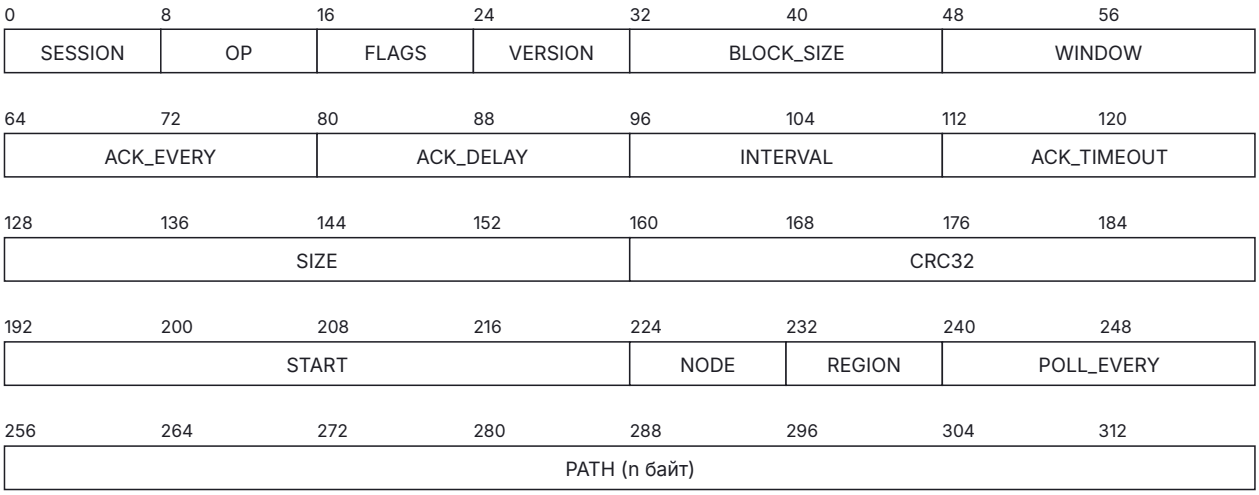
Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕ-НИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
SESSION	0	uint8	Номер сессии, выбирается инициатором
OP	8	uint8	Код операции
FLAGS	16	uint8	Флаги запроса, см. таблицу ниже
VERSION	24	uint8	Версия протокола, 2
BLOCK_SIZE	32	uint16	Размер блока, байт
WINDOW	48	uint16	Размер окна, блоков
ACK_EVERY	64	uint16	Отчет через каждые N блоков
ACK_DELAY	80	uint16	Задержка отчета после последнего блока, мс
INTERVAL	96	uint16	Пауза между блоками, мс
ACK_TIMEOUT	112	uint16	Интервал повторов, мс
SIZE	128	uint32	PUT: размер файла. GET: размер файла частичной копии, 0 если неизвестен
CRC32	160	uint32	PUT: CRC-32 файла. GET: CRC-32 файла частичной копии, 0 если неизвестна
START	192	uint32	GET: первый недостающий блок частичной копии
NODE / LIMIT	224	uint8 / uint16	STREAM, UFT: адрес получателя в младшем байте. GET: ограничение времени, с
REGION	232	uint8	Используется изделиями ООО «ЯКС»
POLL_EVERY	240	uint16	Опрос через каждые N блоков
PATH	256	byte8[n]	Путь к файлу ответчика

Флаги OPEN

ФЛАГ	ЗНАЧЕНИЕ
0x01	Перезаписать существующий файл
0x02	Не использовать частичную копию
0x04	GET: частичная копия содержит пропуски, ответчик ожидает отчет STATE перед передачей
0x08	PUT: установить новому файлу права 0755

Формат сообщения



Ответ: 0x0D01 ACCEPT — Ответ на открытие сессии

B.3 0x0D01 ACCEPT — Ответ на открытие сессии

Описание: Ответ на OPEN. Содержит параметры передачи, которые ответчик применит после ограничения своими предельными значениями, либо код ошибки.

Параметры сообщения:

- Тип сообщения: длинное;
- Длина данных: 24 байта;
- Направление: от ответчика к инициатору;
- Ответ: нет.

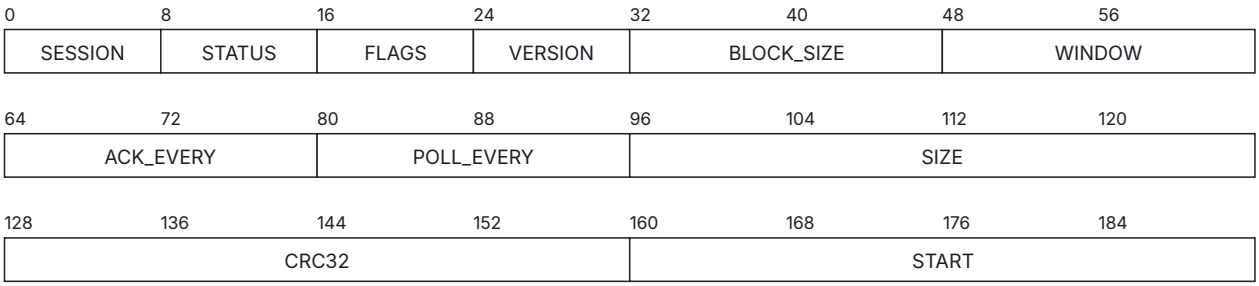
Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
SESSION	0	uint8	Номер сессии из OPEN
STATUS	8	uint8	Код статуса, 0 сессия открыта
FLAGS	16	uint8	Флаги ответа, см. таблицу ниже
VERSION	24	uint8	Версия протокола ответчика
BLOCK_SIZE	32	uint16	Размер блока, байт
WINDOW	48	uint16	Размер окна, блоков
ACK_EVERY	64	uint16	Отчет через каждые N блоков
POLL_EVERY	80	uint16	Опрос через каждые N блоков
SIZE	96	uint32	Размер файла, байт
CRC32	128	uint32	CRC-32 файла
START	160	uint32	PUT: первый недостающий блок у ответчика

Флаги ACCEPT

ФЛАГ	ЗНАЧЕНИЕ
0x01	Передача продолжена по частичной копии
0x02	GET: файл изменился, частичная копия инициатора сбрасывается
0x04	PUT: частичная копия ответчика содержит пропуски, следует отчет STATE

Формат сообщения



Ответ: Нет

B.4 0x0D02 DATA — Блок файла

Описание: Блок файла. Последний блок может быть короче BLOCK_SIZE.

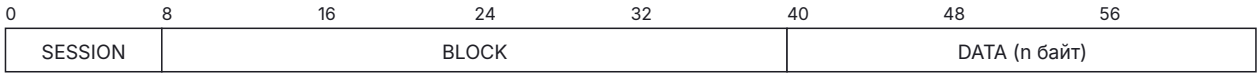
Параметры сообщения:

- Тип сообщения: длинное;
- Длина данных: 5 байт + длина блока;
- Направление: от отправителя к получателю;
- Ответ: нет.

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
SESSION	0	uint8	Номер сессии
BLOCK	8	uint32	Номер блока
DATA	40	byte8[n]	Данные блока

Формат сообщения



Ответ: Нет. Получатель передает отчет по опросу.

B.5 0x0D03 STATE — Отчет о принятых блоках

Описание: Отчет получателя. Все блоки до BASE приняты, блок BASE не принят. Бит i битовой карты (младший бит первого байта — бит 0) соответствует блоку BASE + 1 + i. Байты карты после последнего принятого блока не передаются.

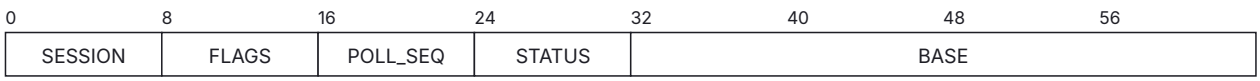
Параметры сообщения:

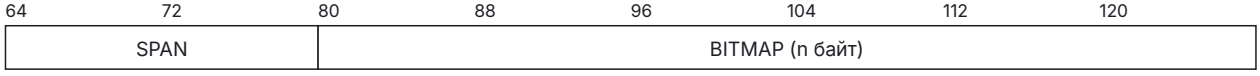
- Тип сообщения: длинное;
- Длина данных: 10 байт + длина битовой карты;
- Направление: от получателя к отправителю;
- Ответ: нет.

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
SESSION	0	uint8	Номер сессии
FLAGS	8	uint8	0x01 файл принят и проверен либо STATUS содержит причину отказа, 0x02 ответ на опрос
POLL_SEQ	16	uint8	Номер опроса, на который дан ответ
STATUS	24	uint8	Код статуса
BASE	32	uint32	Первый непринятый блок
SPAN	64	uint16	Число блоков после BASE, описываемых отчетом
BITMAP	80	byte8[n]	Битовая карта принятых блоков

Формат сообщения





Ответ: Нет

B.6 0x0D04 POLL — Опрос получателя

Описание: Запрос отчета STATE. Отправитель повторяет опрос каждые `ack_timeout_ms` до получения отчета.

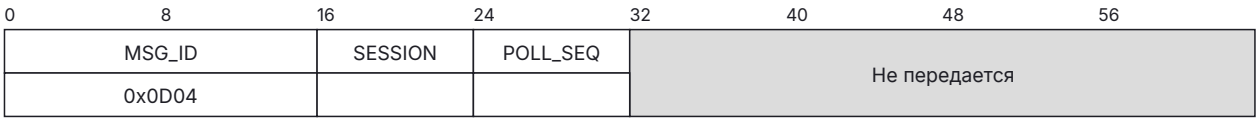
Параметры сообщения:

- Тип сообщения: короткое;
- Длина данных: 2 байта;
- Направление: от отправителя к получателю;
- Ответ: есть.

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
MSG_ID	—	uint16	Идентификатор сообщения, 0x0D04
SESSION	0	uint8	Номер сессии
POLL_SEQ	8	uint8	Номер опроса

Формат сообщения



Ответ: 0x0D03 STATE — Отчет о принятых блоках

B.7 0x0D05 CLOSE — Завершение сессии

Описание: Завершает сессию или сообщает ее результат. Сообщение CLOSE без флага подтверждения повторяется каждые `ack_timeout_ms`, не более 6 раз, до получения подтверждения. Подтверждение передается на каждый CLOSE без флага подтверждения, в том числе для уже завершенной сессии. На подтверждение ответ не передается.

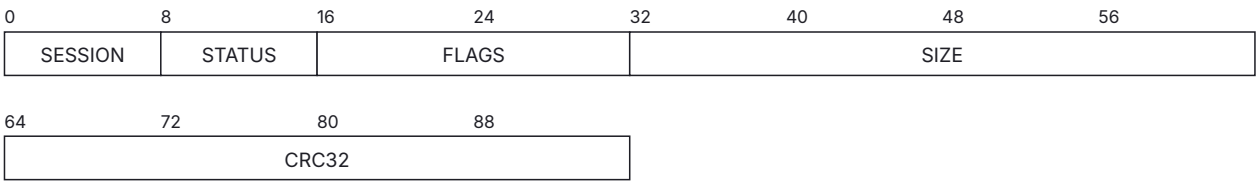
Параметры сообщения:

- Тип сообщения: длинное;
- Длина данных: 12 байт;
- Направление: в обе стороны;
- Ответ: есть, если флаг 0x0001 не установлен.

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
SESSION	0	uint8	Номер сессии
STATUS	8	uint8	Код статуса
FLAGS	16	uint16	0x0001 подтверждение CLOSE. В версии 1 всегда 0
SIZE	32	uint32	STREAM: размер файла
CRC32	64	uint32	STREAM: CRC-32 файла

Формат сообщения



Ответ: 0x0D05 CLOSE — Завершение сессии с флагом 0x0001

B.8 0x0D06 STATUS_GET — Запрос состояния службы

Описание: Запрос состояния службы. Повторяется каждые `ack_timeout_ms` до получения ответа.

Параметры сообщения:

- Тип сообщения: короткое;
- Длина данных: 1 байт;
- Направление: на борт;
- Ответ: есть.

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕ-НИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
MSG_ID	—	uint16	Идентификатор сообщения, 0x0D06
SESSION	0	uint8	Номер запроса

Формат сообщения



Ответ: 0x0D07 STATUS — Состояние службы

B.9 0x0D07 STATUS — Состояние службы

Описание: Ответ на STATUS_GET.

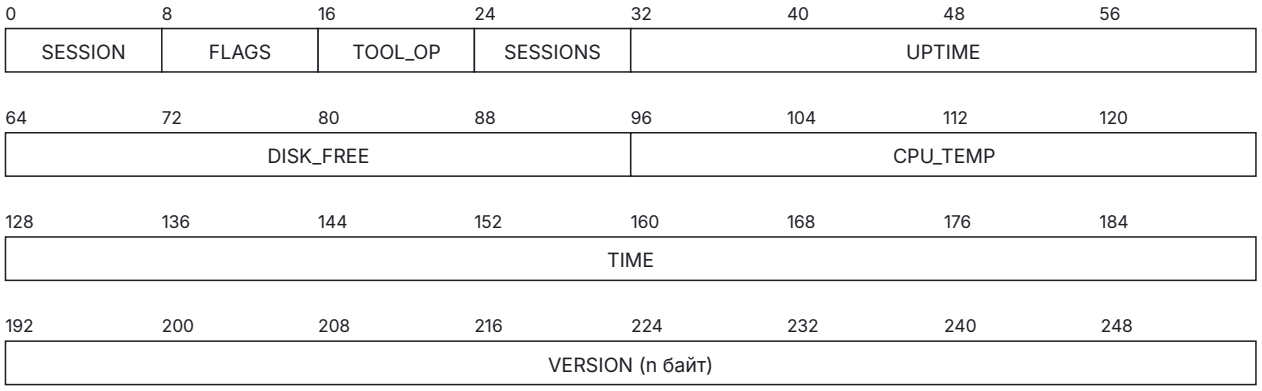
Параметры сообщения:

- Тип сообщения: длинное;
- Длина данных: 24 байта + длина строки версии (не более 32 байт);
- Направление: на Землю;
- Ответ: нет.

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕ-НИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
SESSION	0	uint8	Номер запроса из STATUS_GET
FLAGS	8	uint8	0x01 работает внешняя программа
TOOL_OP	16	uint8	Код операции работающей программы
SESSIONS	24	uint8	Число открытых сессий
UPTIME	32	uint32	Время работы службы, с
DISK_FREE	64	uint32	Свободное место в файловой системе корня службы, КиБ
CPU_TEMP	96	int32	Температура процессора, 0,001 °C. 0, если неизвестна
TIME	128	uint64	Время БК, мс от 01.01.1970 (UTC)
VERSION	192	byte8[n]	Строка версии службы

Формат сообщения



Ответ: Нет

B.10 0x0D08 LIST — Запрос списка файлов

Описание: Запрос страницы списка файлов каталога внутри корня службы, начиная с записи CURSOR. Повторяется каждые `ack_timeout_ms` до получения ответа.

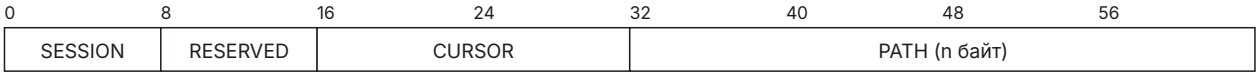
Параметры сообщения:

- Тип сообщения: короткое при длине пути до 2 байт, иначе длинное;
- Длина данных: 4 байта + длина пути;
- Направление: на борт;
- Ответ: есть.

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕ-НИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
SESSION	0	uint8	Номер запроса
RESERVED	8	uint8	0
CURSOR	16	uint16	Номер первой записи страницы, 0 для первой страницы
PATH	32	byte8[n]	Путь к каталогу относительно корня службы. Пустой для корня

Формат сообщения



Ответ: 0x0D09 LIST_REPLY — Список файлов

B.11 0x0D09 LIST_REPLY — Список файлов

Описание: Страница списка файлов. Записи упорядочены по имени и заполняют сообщение до наибольшего размера сообщения службы.

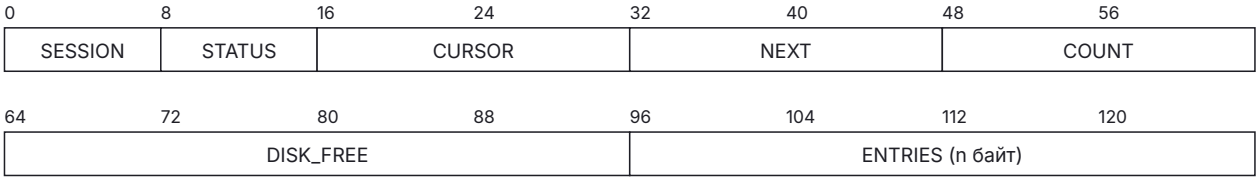
Параметры сообщения:

- Тип сообщения: длинное;
- Длина данных: 12 байт + длина записей;
- Направление: на Землю;
- Ответ: нет.

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
SESSION	0	uint8	Номер запроса из LIST
STATUS	8	uint8	Код статуса
CURSOR	16	uint16	Номер первой записи страницы
NEXT	32	uint16	Номер первой записи следующей страницы, 0xFFFF для последней страницы
COUNT	48	uint16	Число записей
DISK_FREE	64	uint32	Свободное место, КиБ
ENTRIES	96	byte8[n]	Записи

Формат сообщения



Формат записи

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ
SIZE	0	uint32	Размер файла, байт. 0 для каталогов
MTIME	32	uint32	Время изменения, с от 01.01.1970 (UTC)
TYPE	64	uint8	0 файл, 1 каталог, 2 прочее (ссылки, устройства)
NAME_LEN	72	uint8	Длина имени, байт
NAME	80	byte8[n]	Имя без завершающего нуля

Ответ: Нет

История изменений

РЕДАКЦИЯ	ДАТА	ИЗМЕНЕНИЯ
A0	21.11.2026	Первая редакция.

Якутские
Космические
Системы

О ДОКУМЕНТЕ

КОД	**YKSA-SWF.004-MAN01**
РЕДАКЦИЯ	A0
ДАТА	21.11.2026
ИСТОЧНИК	docs.yksa.space/docs/YKSA-SWF.004-MAN01

КОНТАКТЫ

ООО «ЯКС»
677009, Россия, г. Якутск, ул. Дзержинского, 76, блок С, офис 203
Тел.: +7 (914) 228-06-39
contact@yksa.space
yksa.space

Распространяется по лицензии CC BY-SA 4.0.

Сборка -/- задание -/- коммит bd11daa