

Физтех-школа радиотехники и компьютерных технологий
Факультет радиотехники и кибернетики
Кафедра информатики и вычислительной техники
Магистерская диссертация

Отладка и мониторинг прикладных программ в операционной системе реального времени «БагрОС-4000» на базе архитектуры «Эльбрус»

Студент:

Демидов А. А.

Научный руководитель: к.т.н.

Ревякин В. А.

Научный консультант:

Кравцунов Е. М.

Москва 2019

Введение

«БагрОС-4000» операционная система «жесткого» реального времени, разработанная ОКБ «Сухой» для встраиваемых систем (бортовых вычислителей). ОС реализует интерфейс прикладного ПО в соответствии со стандартами ARINC 653 и POSIX.

«БагрОС-4000» поддерживает процессорные архитектуры MIPS64, PowerPC, ARMv7, Intel x86.

АО «МЦСТ» выполнило портирование ядра «БагрОС-4000» на архитектуру «Эльбрус» для процессоров E2C+, E1C+ и E4C.

ОКБ «Сухой» разработал Систему отладки и мониторинга (СОМ) в «БагрОС-4000» на MIPS для отладки прикладных программ реального времени.

Цель работы

Реализация поддержки Системы отладки и мониторинга (СОМ) прикладных программ ОСРВ «БагрОС-4000» для архитектуры «Эльбрус»

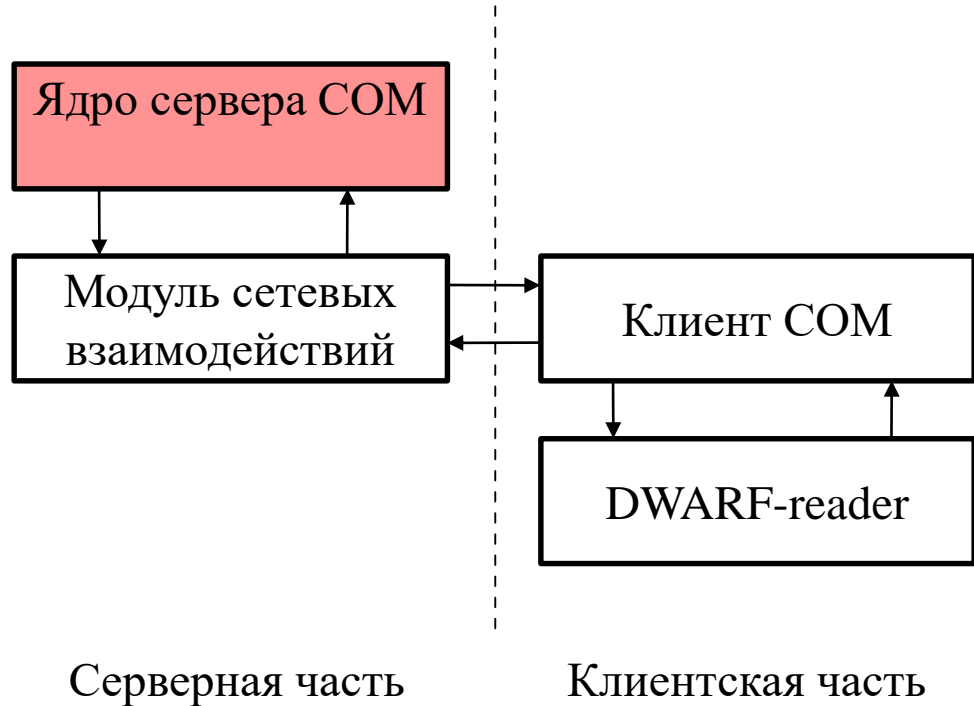
Требования:

- Поддержка удаленной отладки во встраиваемой системе

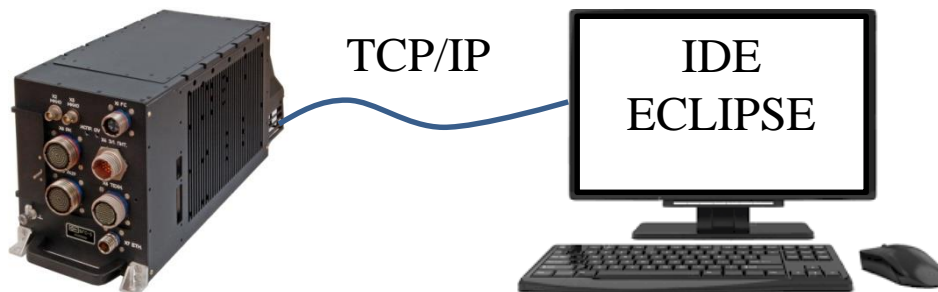
Задачи:

- Реализовать архитектурно-зависимую серверную часть СОМ на «Эльбрус»
- Портировать драйвер сети l_e1000 в «БагрОС-4000»
- Обеспечить совместимость с клиентом СОМ

Система отладки и мониторинга «БагрОС-4000»

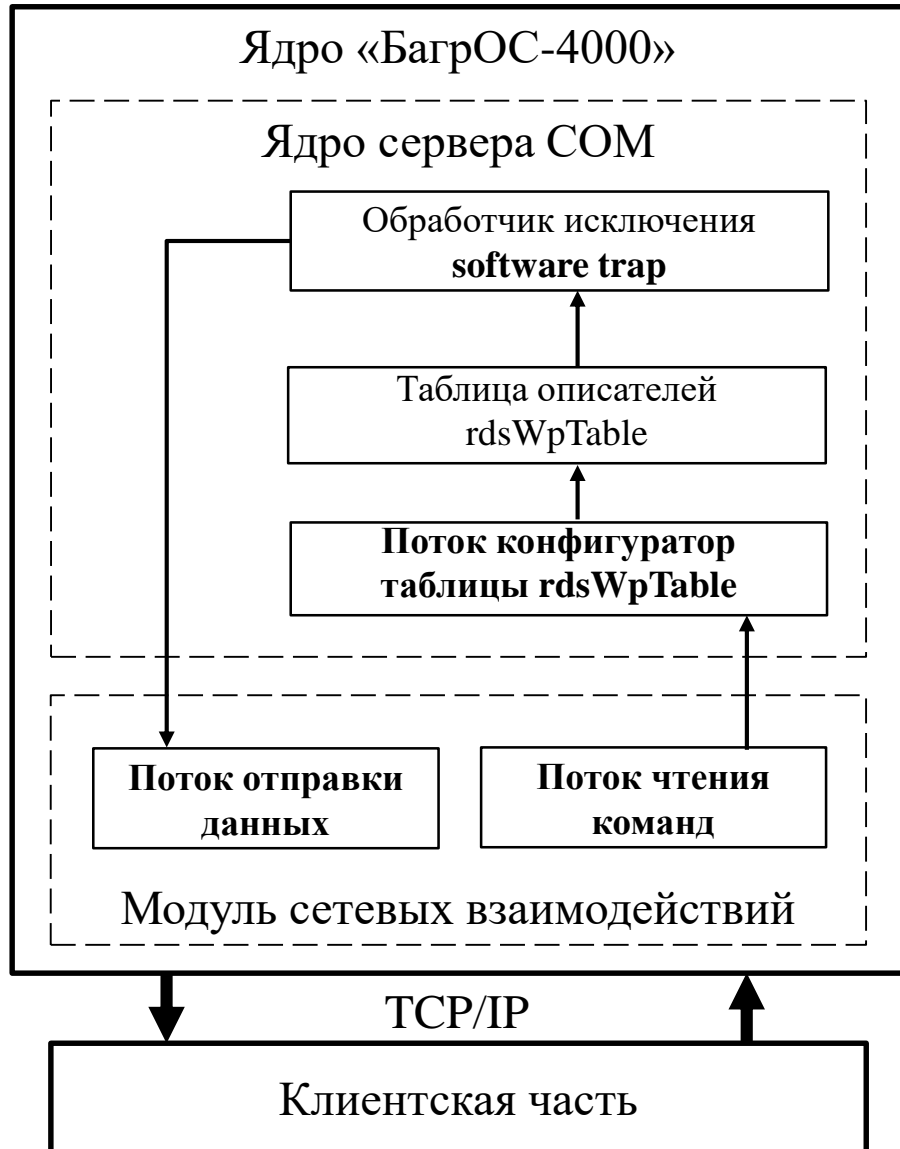


- Серверная часть реализует основную стратегию системы – организует точки наблюдения **watchpoints** и выдает клиенту значения заказанных в списке данных при каждом прохождении точки.
- Клиентская часть передает серверу команды постановки/снятия точек наблюдения и список наблюдаемых параметров полученные с помощью утилиты DWARF-reader.



DWARF – формат отладочной информации, генерируемой компилятором GCC.

Серверная часть СОМ



Три параллельных потока ядра «БагрОС-4000»:

- Поток конфигуратор выполняет операции добавления (изменения, удаления) точек наблюдения и наблюдаемых параметров.
- Поток чтения команд принимает данные от клиента и передает в ядро СОМ.
- Поток отправки данных освобождает обработчик исключения от временных затрат при передаче клиенту системы данных мониторинга.

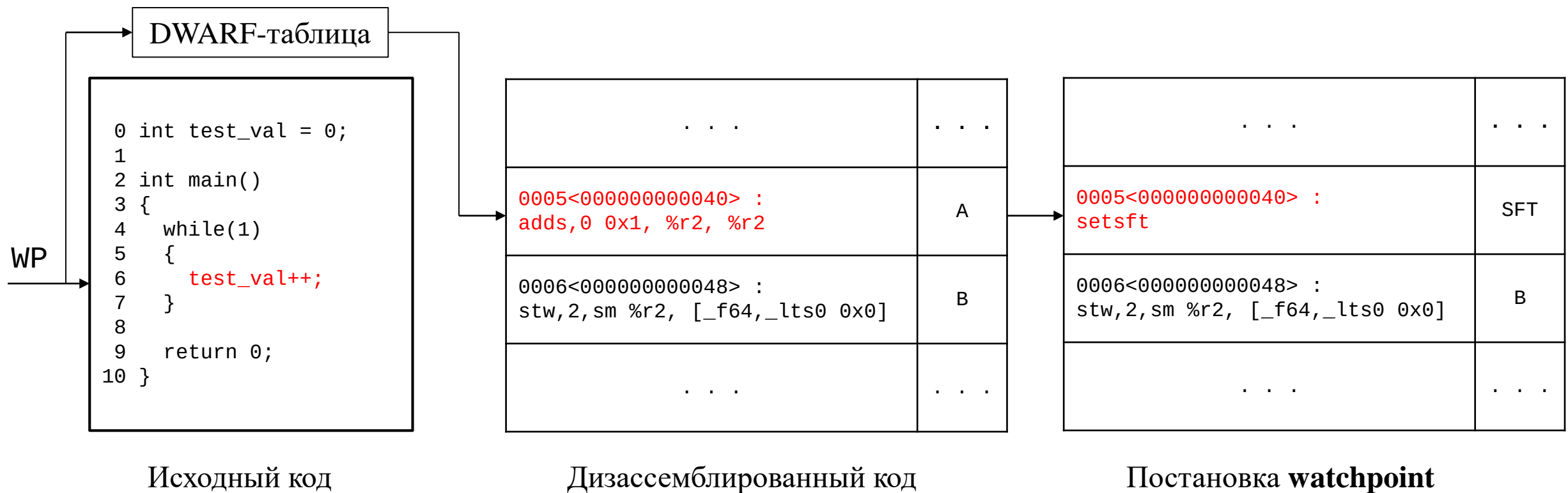
Таблица **rdsWpTable** содержит в себе информацию о точках наблюдения и наблюдаемых данных.

ОКБ «Сухой» разработал алгоритм отладки без останова в архитектурно-независимой серверной части СОМ.

Алгоритм отладки без останова

Постановка точки наблюдения

Постановка **watchpoint** реализована как запись кода операции **setsft** по виртуальному адресу широкой команды (ШК) в USER CODE-сегменте, который система вычислит исходя из выбранной строки в файле на Си и данных из DWARF-таблицы.



Алгоритм отладки без останова

Считывание данных и отправка

При попытке исполнения операции **setsft** выполняется вход в обработчик исключения, который считывает наблюдаемые данные в буфер для дальнейшей передачи клиенту.



Алгоритм отладки без останова

Выполнение ШК в исходном контексте

В обработчике исключения производится запись оригинальной ШК в точку наблюдения, чтобы не нарушить целостность программы и выполнить операцию в исходном контексте.

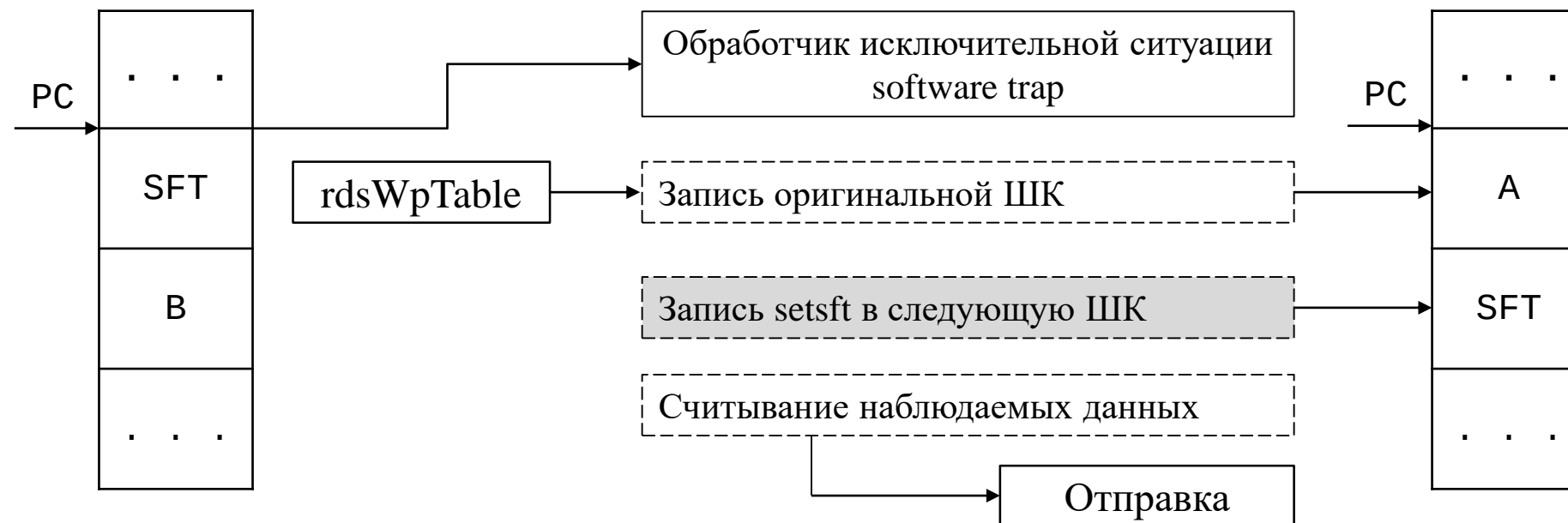


Алгоритм отладки без останова

Восстановление наблюдаемой точки

Выполнен алгоритм восстановления точки наблюдения:

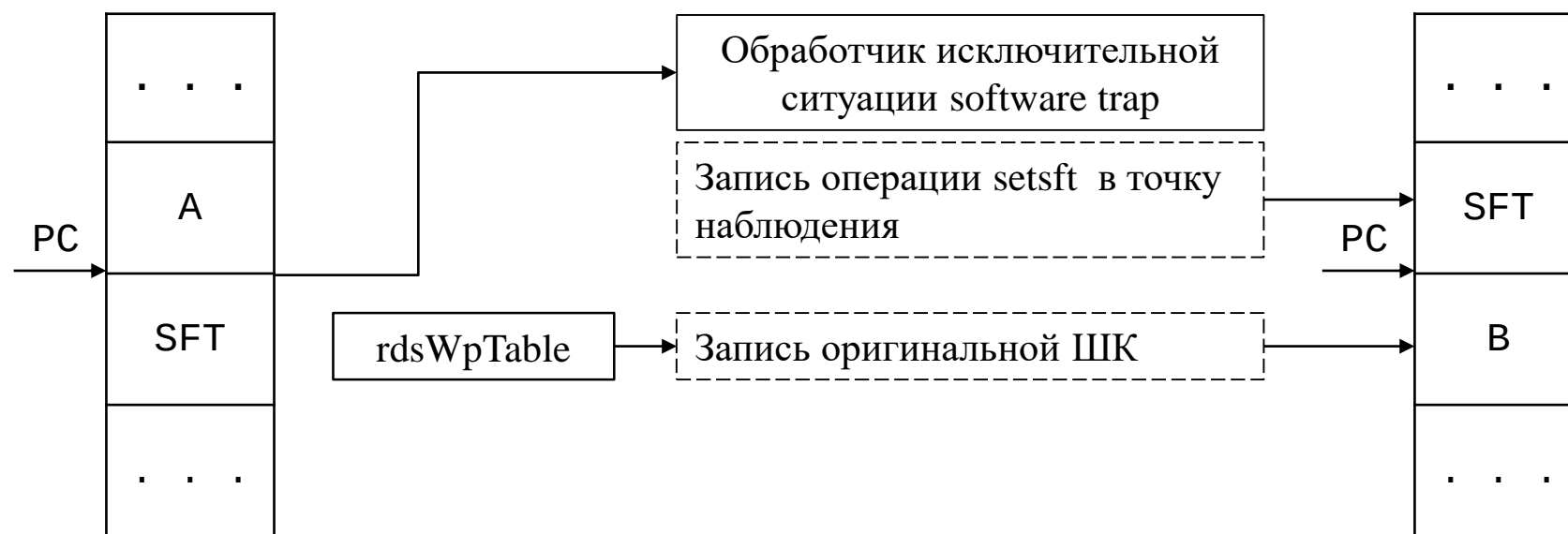
1) Производится запись операции setsft в следующую исполняемую ШК.



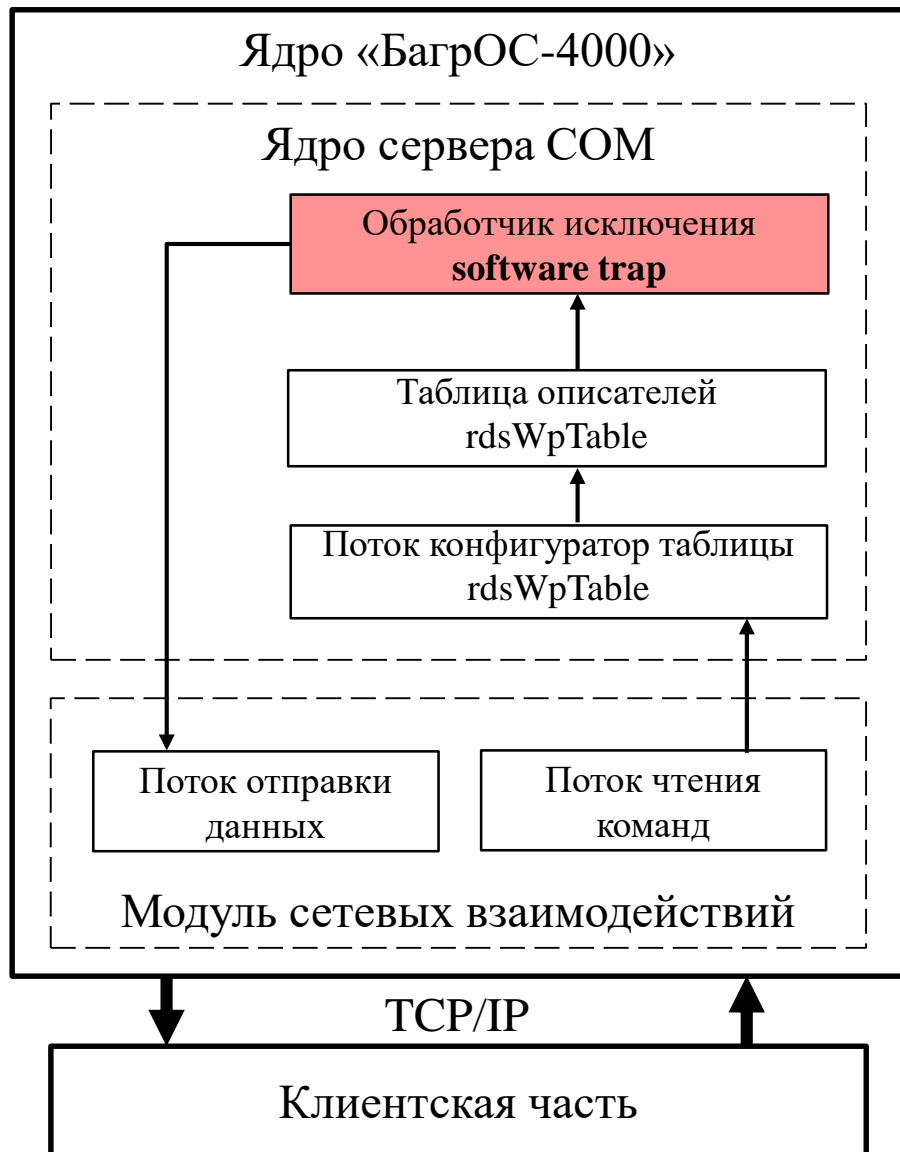
Алгоритм отладки без останова

Восстановление наблюдаемой точки

2) При повторном вызове обработчика исключительной ситуации выполняется запись операции setsft в точку наблюдения.



Реализация архитектурно-зависимого интерфейса



Добавлен обработчик исключительной ситуации **software trap**.

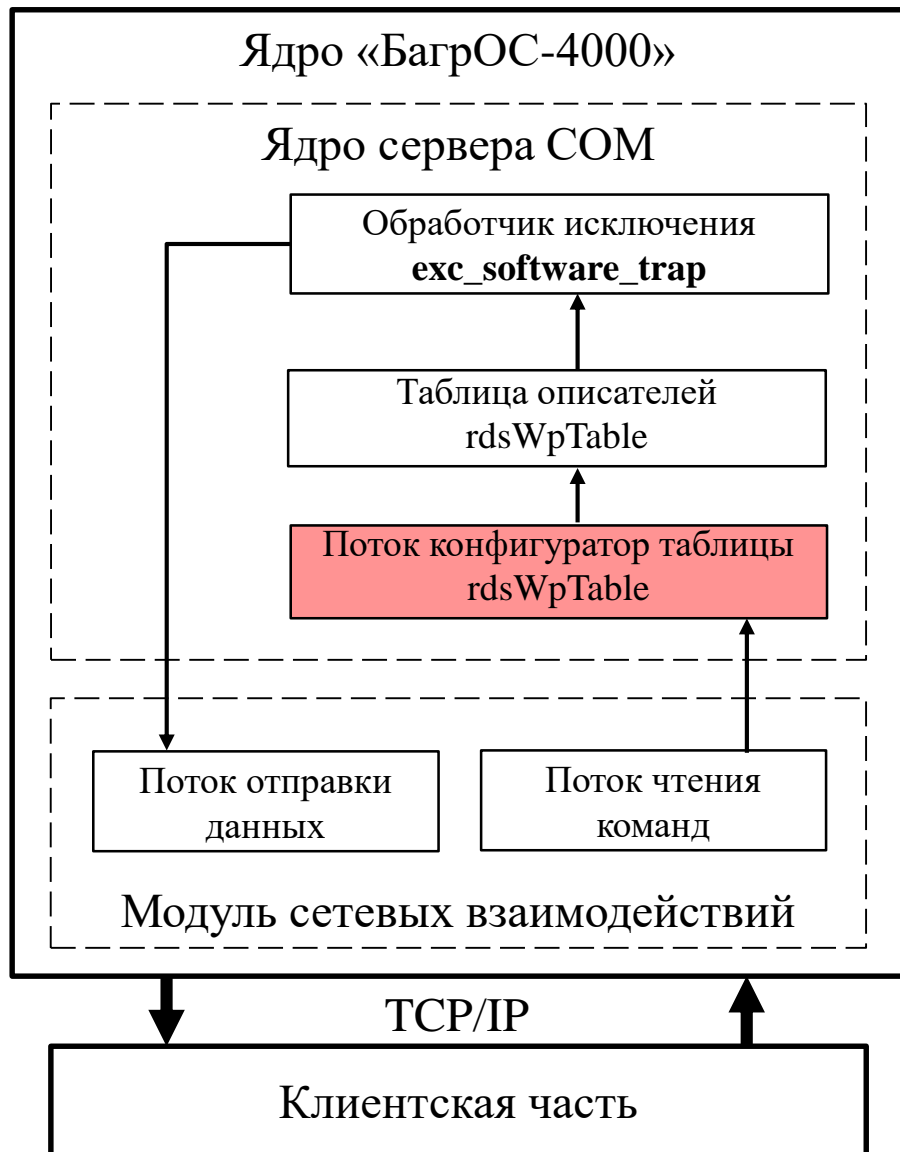
Для обработчика исключения со стороны архитектурно-зависимого интерфейса реализованы следующие функции:

- `dmtaReg` – чтение регистров контекста
- `dmtaReadCommand` – чтение команды из памяти

С учетом особенностей архитектуры «Эльбрус» совместно с ОКБ «Сухой» доработан интерфейс и добавлена функция

- `dmtaGetCommandSizeByVAddr` – запрос размера инструкции по указанному адресу

Реализация архитектурно-зависимого интерфейса



Для поддержки конфигуратора таблицы `rdsWpTable` реализованы следующие функции:

- `dmtaSetBreakpoint` – установка точки останова;
- `dmtaBreakpointOff` – снятие точки останова;
- `dmtaIsBreakCommand` – проверка, является ли команда точкой останова;

Портирование драйвера l_e1000 в «БагрОС-4000»

Отличия сетевой подсистемы ядра Linux и ядра «БагрОС-4000»

	«БагрОС-4000»	Linux
Структуры данных		
Сетевой интерфейс	ifnet	net_device
Сетевой пакет	mbuf	sk_buff
Методы		
Команды ioctl	if_ioctl	do_ioctl
Отправка пакета	if_start	hard_start_xmit
Прием пакета	ether_output	snull_rx
Таймаут	if_watchdog	tx_timeout

Портирование драйвера l_e1000 в «БагрОС-4000»

Структура драйвера

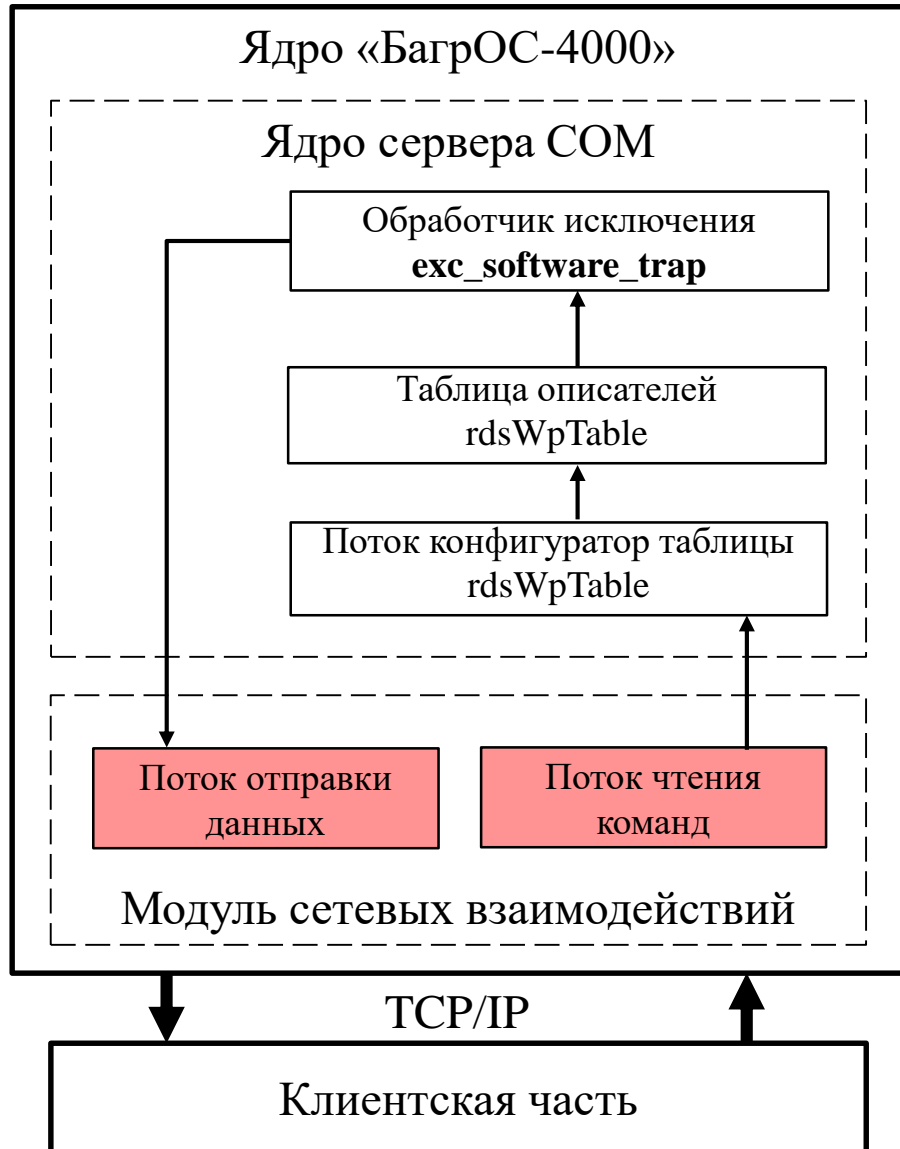
Драйвер сетевого устройства l_e1000 размещен в Board Support Package (пакет поддержки платформы) – интегрированный пакет драйверов «БагрОС-4000».

Для регистрации устройства в сетевой подсистеме вызывается функция *l_e1000_rt_create* из функции инициализации машинно-зависимых устройств *boardHWInit2*, где инициализируется сетевое устройство и создается сетевой интерфейс *ifnet*.

Для корректной работы сетевого интерфейса в структуре *ifnet* заданы следующие функции обработки:

- *l_e1000_if_ioctl* – установка и получение параметров интерфейса
- *l_e1000_if_start* – отправка пакета по интерфейсу
- *l_e1000_if_watchdog* – вызывается через промежуток времени для проверки входной аппаратной очереди пакетов
- *l_e1000_if_output* – отправка пакета в сетевую подсистему

Обеспечение совместимости с клиентом



Между клиентом и сервером устанавливается ТСП/IP-соединение, что подразумевает перевод сообщений из `big endian` в `little endian` в силу особенностей архитектуры процессора. Данная задача была решена с помощью `builtin`-функций компилятора `__builtin_bswap` и встроена в COM.

Результаты

1. Портирована СОМ на архитектуру «Эльбрус»:
 - Реализован архитектурно-зависимый интерфейс СОМ
 - Добавлена обработка исключения software trap
 - Обеспечена совместимость с клиентом СОМ
2. Портирован драйвер l_e1000 в «БагрОС-4000»
3. СОМ протестирована на следующих вычислительных комплексах:
 - 401РС
 - 101РС
 - ВС3416 (2xE2C+)