

Динамическая реконфигурация бортовой распределенной информационно-вычислительной среды на базе ОСРВ JetOS

*А.М. Соловьёв, М.Е. Семёнов, Н.И. Сельвесюк,
В.М. Новиков, Е.А. Карпов*

Постановка задачи:

- Разработка требований к специальному программному обеспечению экспертной системы поддержки принятия решения, работающей под ОСРВ JetOS**
- Разработка требований к программным средствам администрирования и мониторинга КБО на базе СПО ЭСППР**
- Разработка ПО администрирования и мониторинга бортовой оптической сети с целью реконфигурации**

Разработка требований к СПО ЭСППР под JetOS

ЭСППР производит мониторинг и администрирование КБО и, в случае возникновения отказов БРЭО (на аппаратном уровне) или ФЗ (на программном уровне), выполняет интеллектуальный вывод и инициирует процедуру динамической реконфигурации.

Основные требования

- ❑ Функционирование ЭСППР не должно пересекаться с работой НМ JetOS, так как в противном случае это вызовет коллизии в процессе реконфигурации;
- ❑ Анализ мониторинговой информации в ЭСППР должен осуществляться на основе объединенной информации от НМ всех вычислительных модулей БРИВС;
- ❑ Интеллектуальный вывод в ЭСППР должен быть детерминированным и опираться на БЗ с заранее регламентированными и апробированными данными.

НМ JetOS

- ❑ Мониторинг состояния ВМ, на котором запущен данный НМ, а также его разделов, процессов и каналов связи;
- ❑ Остановка (IDLE) или перезапуск (COLD START или WARM START) отказавшего элемента в соответствии с заранее созданной таблицей реакций НМ.

ЭСППР

- ❑ Мониторинг целостности и корректности информационных обменов между всеми вычислительными модулями в БРИВС;
- ❑ Поиск подходящего решения из БЗ в случае выявления отказа на данном уровне (интеллектуальный вывод);
- ❑ Реализация процесса динамической реконфигурации в соответствии с найденным решением.

Разработка требований к ПО администрирования и мониторинга КБО на базе СПО ЭСППР

ПО администрирования и мониторинга КБО

ПМ конфигуратора КБО на базе ПОБС

- Создание и редактирование БЗ;
- Взаимодействие с ПМ ГПИ;
- Генерация кода ОСРВ JetOS из БЗ;
- Организация непрерывного обмена данными между ФЗ КБО;
- Имитация отказов (аппаратных и программных);
- Моделирование работы ЭСППР в составе БРИВС (реконфигурация);
- Работа с утилитой виртуализации и эмуляции *QEMU* (запуск с экземпляров).

ПМ графического пользовательского интерфейса

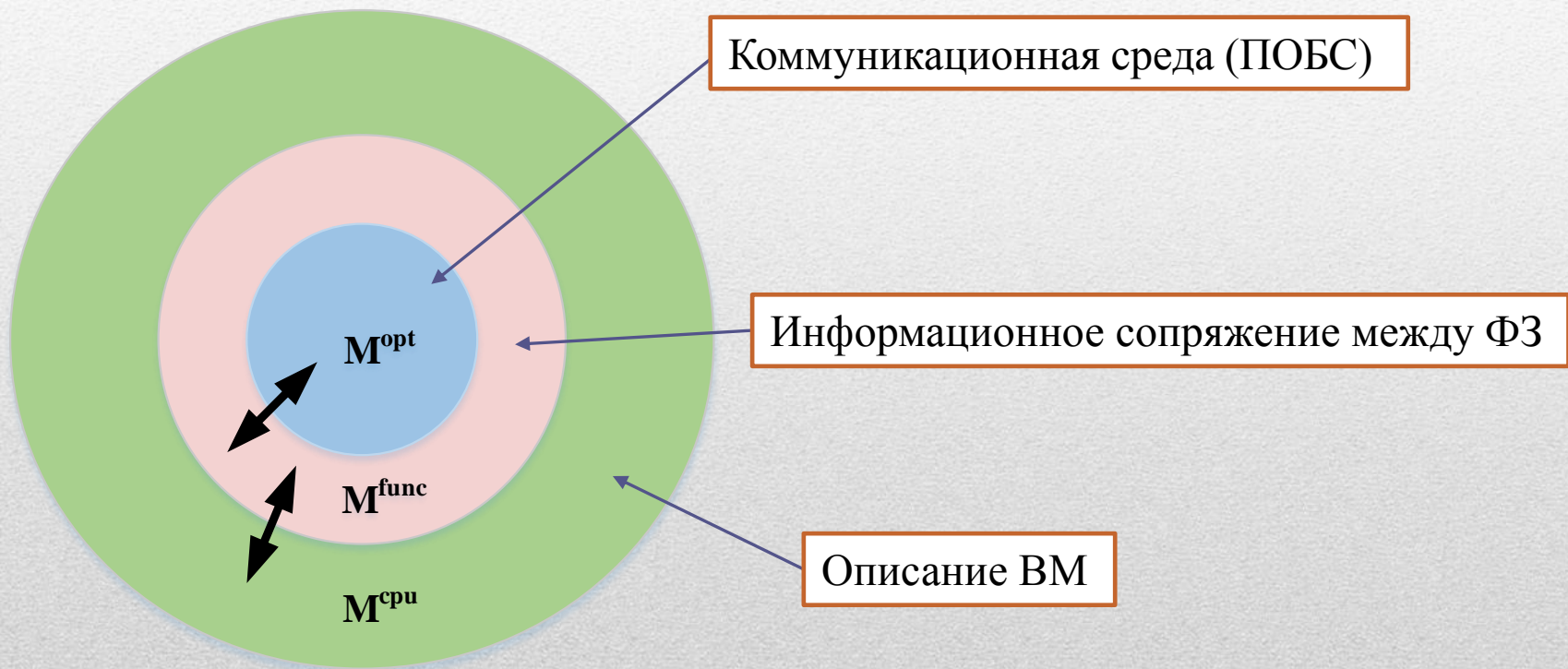
- Взаимодействие с МП конфигуратора КБО;
- Графическое представление структуры БРИВС и всех конфигураций из БЗ;
- Графическое представление имитации отказов элементов КБО в текущей конфигурации БРИВС;
- Графическое представление динамики процессов внутри БРИВС;
- Ведение статистики в виде *log*-файла на основе мониторинговой информации.

Требования к модели ЭСППР

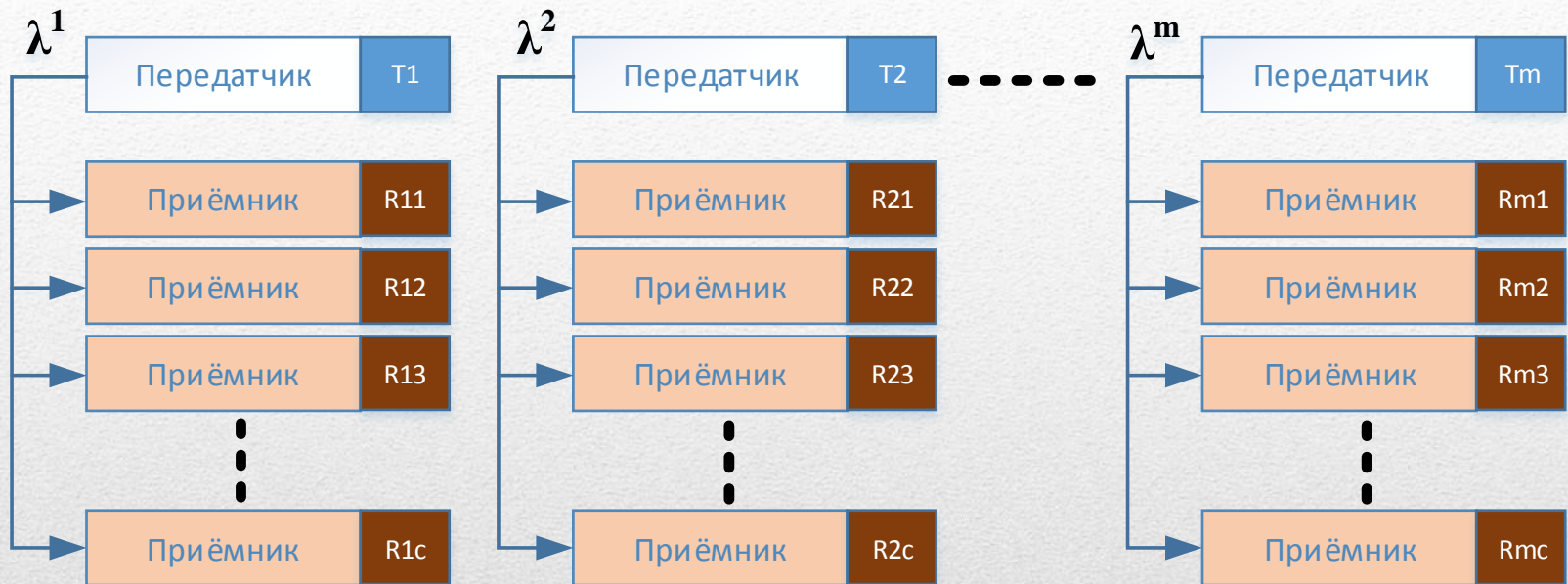
- Модель должна учитывать особенности ПОБС (отсутствие временного уплотнения и коммутирующих элементов, привязка функциональных задач к длинам волн, возможность перенастройки оптических адаптеров на другие длины волн, функционирование оптического канала по принципу «один ко всем», работа передающих оптических адаптеров на конкретной длине волны, работа приемных оптических адаптеров на всех длинах волн одновременно (широковещательный прием);
- Входными данными для модели должны служить как мониторинговая информация о состоянии всех важных элементов БРИВС, так и информация, хранящаяся в БЗ, поиск по которой должен осуществляться за минимально возможный интервал времени;
- Модель должна оперировать понятиями и структурными единицами, характерными для ОСРВ JetOS;
- Информация в БЗ должна содержать набор возможных отказов БРЭО в виде сообщений, характерных для НМ JetOS, а также перечень конфигураций БРИВС и список параметров, описывающих вычислительный ресурс каждого VM;
- Информация в БЗ должна быть структурирована таким образом, чтобы упростить и ускорить процесс поиска в ней подходящей конфигурации;
- Информация о структуре БРИВС и наборе ее конфигураций в БЗ целесообразно хранить в виде описания взвешенных направленных многослойных графов.

Разработка ПО администрирования и мониторинга бортовой оптической сети с целью реконфигурации

Модель БРИВС



Описание ПОБС



$n = m \cdot c$ - количество приемных оптических модулей

$N = m \cdot c + 1$ - общее количество приемных модулей

Условие однородности и масштабируемости

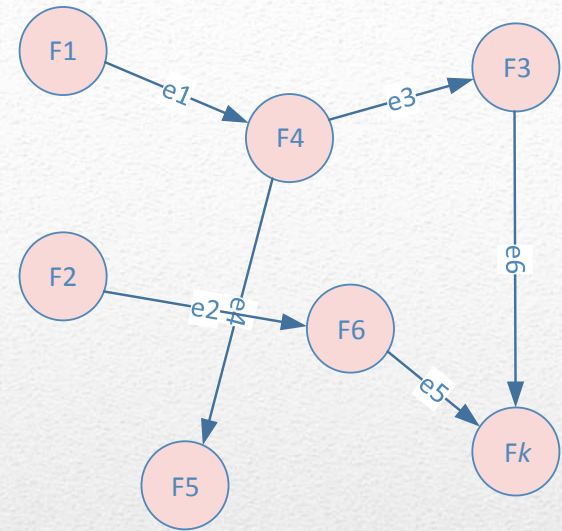
$$\begin{cases} D_T = \frac{m}{c} \in \mathbb{Z}^+, \\ D_R = \frac{n}{c} \in \mathbb{Z}^+, \end{cases}$$

Описание сопряжения ФЗ

Вершины графа – VM

Рёбра графа – информационное сопряжение

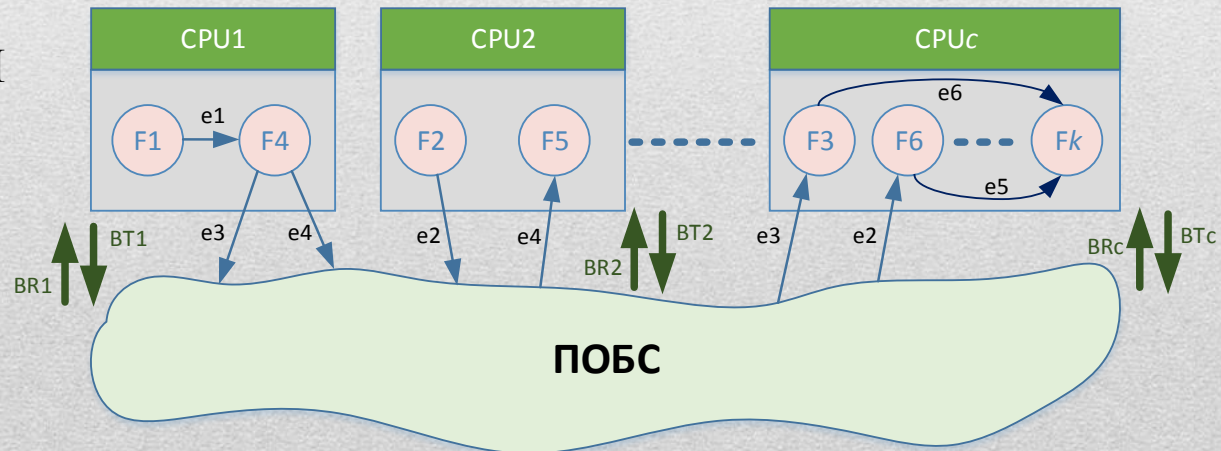
k – количество ФЗ в БРИВС



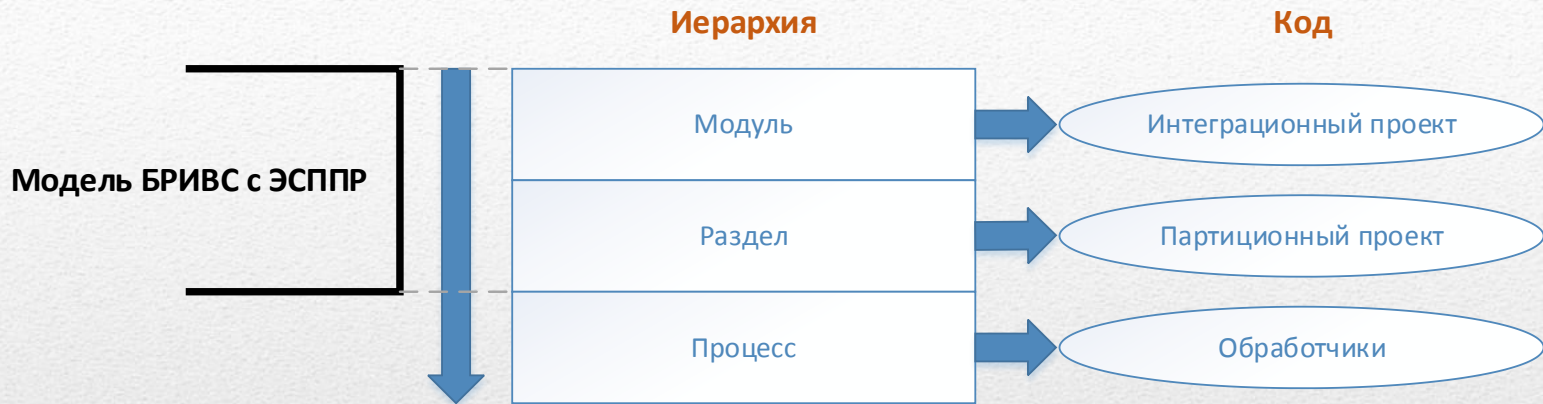
Описание распределения ФЗ по VM

c – количество VM

BR x – инф. шины



Глубина детализации модели БРИВС



В реконфигурации участвуют:

- модуль;
- раздел;
- порт с очередью;

Диспетчеризация в НМ:

- процесс;
- семафор;
- мьютекс;
- Разделяемая память и др.

Формализация модели БРИВС

M^{sfg} – специальный функциональный граф (СФГ);

M^{opt} - подграф оптической коммуникационной среды;

M^{func} - подграф информационного сопряжения ФЗ;

M^{func} - подграф описания ВМ;

БЗ хранить подграфы всех имеющихся конфигураций БРИВС в виде набора множеств

$$M^{opt}, M^{func}, M^{cpu}, M^{func} \cup M^{cpu},$$

при этом, полное вложение подграфов

$$M^{sfg} = M^{opt} \cup M^{func} \cup M^{cpu}$$

в БЗ не хранится, а *формируется адаптивно* по событию отказа.

Стратегия 1. Отказ оптического канала (ОК):

- *Адаптивный поиск.* Устранение неисправности перераспределением длин волн λ между рабочими ОК (перевод отказавших ОК в нерабочую область) и формировании обновленного полного объединения

$$\mathbf{M}^{sfg} = \mathbf{M}^{opt} \cup \mathbf{M}^{func} \cup \mathbf{M}^{cpu};$$

Стратегия 2. Отказ ФЗ или Стратегия 1 завершилась неудачей:

Выбор из списка. Поиск оптимально подходящей конфигурации из БЗ. По результату также формируется новое объединение

$$\mathbf{M}^{sfg} = \mathbf{M}^{opt} \cup \mathbf{M}^{func} \cup \mathbf{M}^{cpu}.$$

Структура БЗ

БК – базовая конфигурация;
 ДБК – декомпозиция базовой конфигурации;
 АК – аварийная конфигурация.

#	Конфигурация
1	БК/ДБК/АК
2	БК/ДБК/АК
...	...
<i>n</i>	БК/ДБК/АК

Описание 1
$M^{opt}, M^{func}, M^{сри}, M^{func} \cup M^{сри}$
Вектор параметров

Описание 2
$M^{opt}, M^{func}, M^{сри}, M^{func} \cup M^{сри}$
Вектор параметров

Описание <i>n</i>
$M^{opt}, M^{func}, M^{сри}, M^{func} \cup M^{сри}$
Вектор параметров

Вектор параметров:

K_a	K_e	K_p	Flt	σ
-------	-------	-------	-----	----------

K_a – точность расчетов;

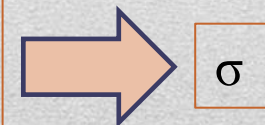
K_e – эргономичность;

K_p – приоритет использования;

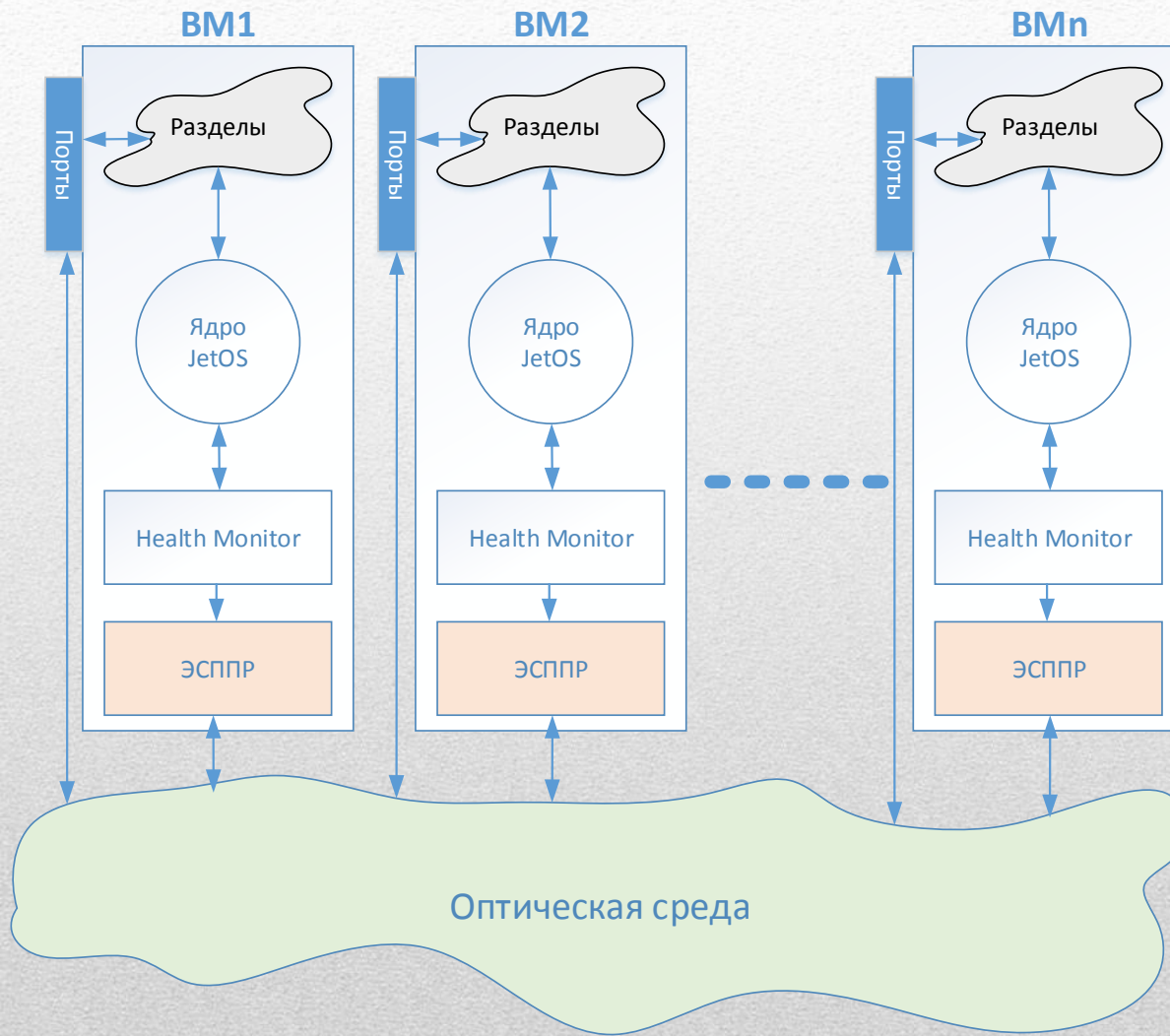
Flt – статус (0 – БК/ДБК, 1 – АК).

σ – среднеквадратическая оценка
 неравномерности выч. ресурса

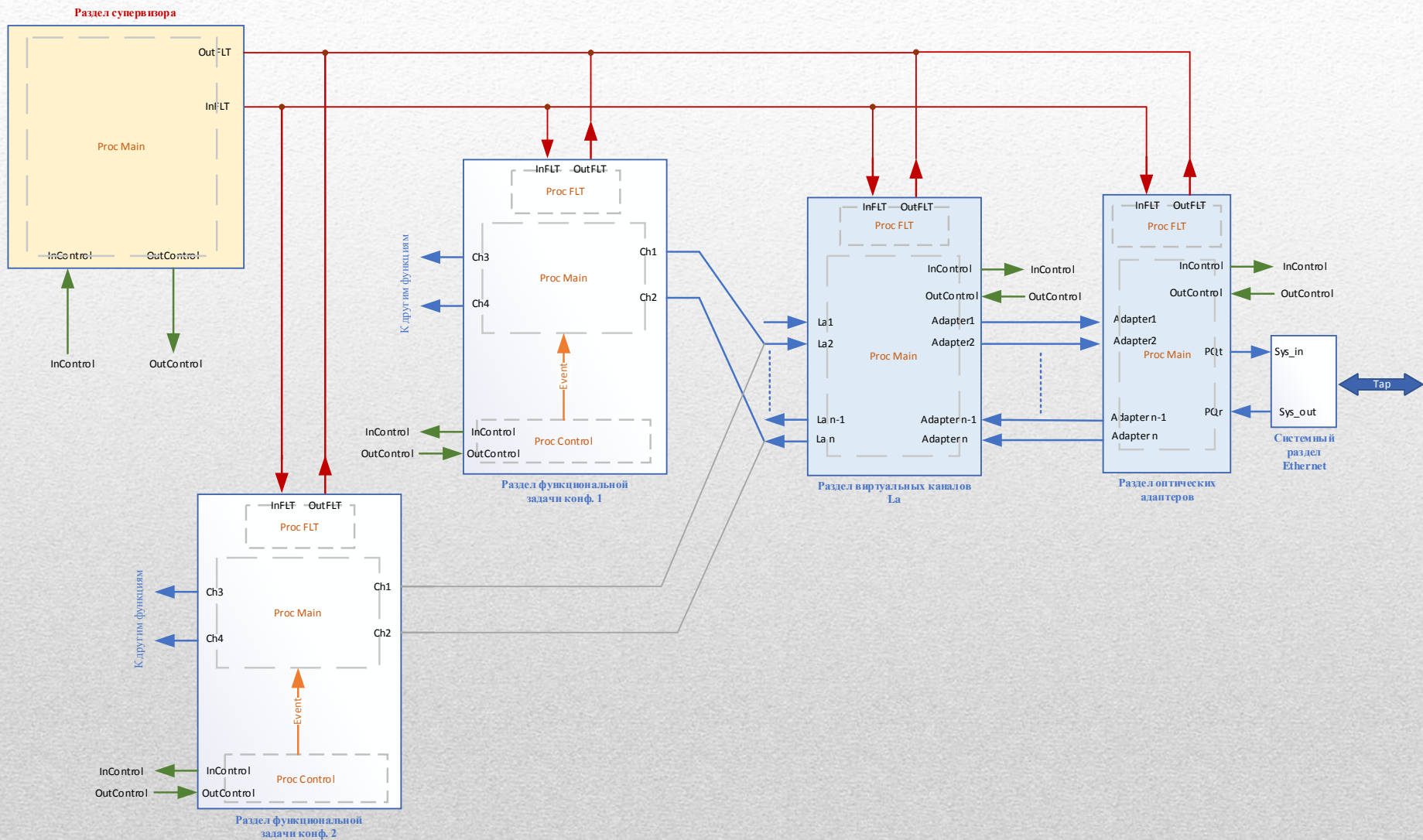
- общий объем памяти
- количество процессов
- количество буферов
- количество досок объявлений
- количество событий
- количество семафоров

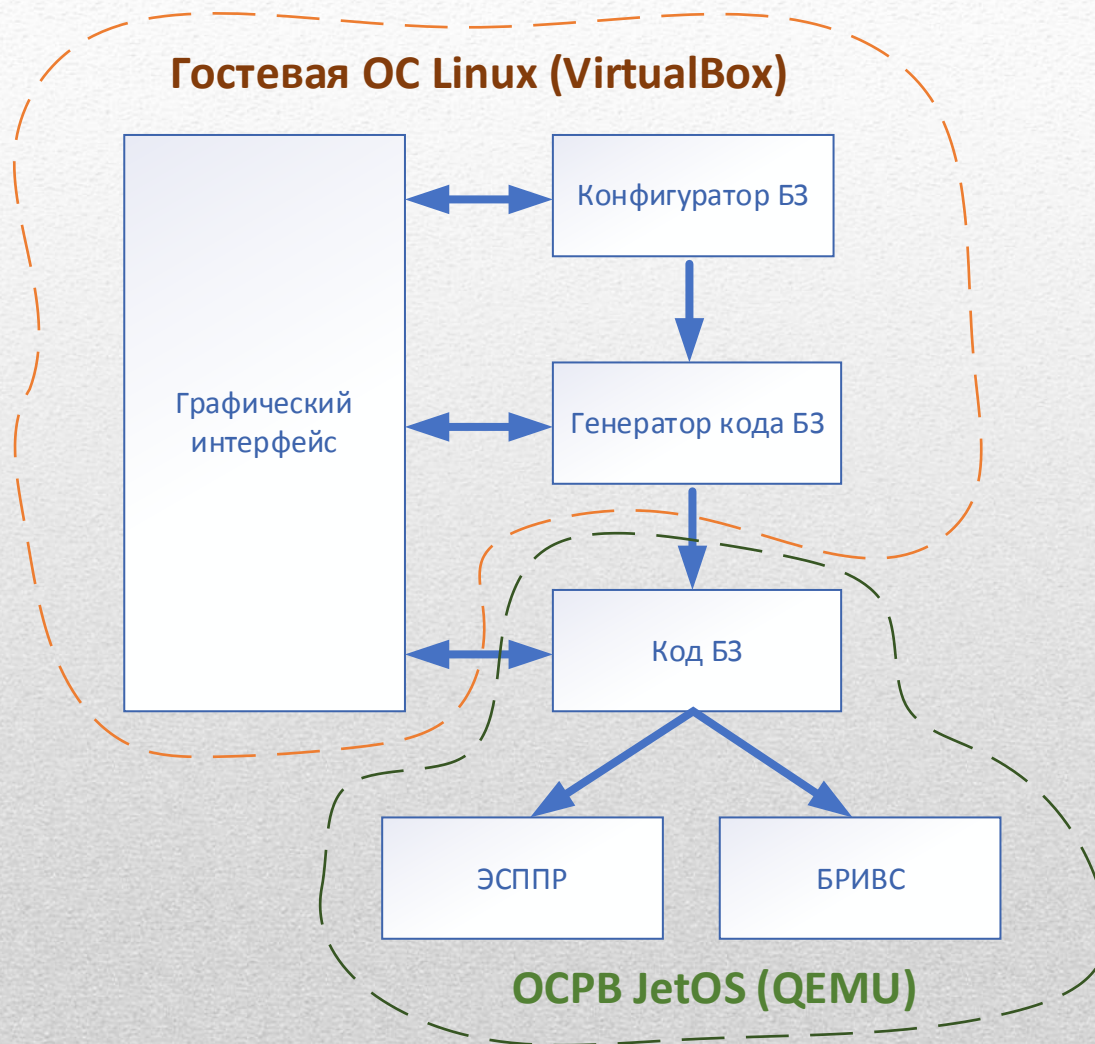


Развертывание ЭСППР на JetOS



Структура ЭСППР на JetOS





Интерфейс СПО

The interface consists of several overlapping windows:

- Настройка временных слотов (Timing Slot Configuration):** A table with columns 'Функция' (Function) and 'Время (мс)' (Time (ms)).

Функция	Время (мс)
1 GDB	1
2 Monitor	23
3 supervisor_1	2
4 supervisor_2	45
5 t1	52
6 t2	12
- Создание конфигурации (Configuration Creation):** A dialog box with input fields for 'Количество вычислителей:' (4) and 'Количество передающих каналов:' (4), and a 'Сгенерировать' (Generate) button.
- Свойство (Property):** A table showing properties for 'supervisor_2'.

Свойство	Значение
Название (id)	supervisor_2
ID	2
Memory Heap	1M
Memory Malloc ...	1M
Memory Max Sta	64K
Memory Sta	
Threads	
- Конфигурация портов (Port Configuration):** A dialog box with a warning message: 'Внимание!!! При удалении порта, все соединения, идущие из него, во всех конфигурациях будут удалены!' (Attention!!! When deleting a port, all connections originating from it in all configurations will be deleted!). It shows port configurations for 'Левые порты' (Left ports) and 'Правые порты' (Right ports).

Порт	Настройка
ARINC653 E L0	Передатчик
ARINC653 E L1	Приемник
ARINC653 E L2	Приемник
ARINC653 E L3	Передатчик
ARINC653 E L4	Приемник
Правые порты R0	Передатчик
- System Diagram:** A central diagram showing 'Модуль #1' and 'Модуль #2' connected to a central 'Полностью оптическая бортовая сеть' (Fully optical avionics network). It also shows 'System: S1' components (t1, t2, t4) connected via channels.
- Element List (Элементы):** A tree view showing tasks (supervisor_1, supervisor_2, t1-t5), systems (S1), and configurations (Конфигурация #1, #2).
- Properties Table (bottom left):**

Свойство	Значение
Точность	1
Эргономичность	1
Приоритет	1
ID	1

Преимущества

- ❑ Развертывание ЭСППР в JetOS упрощает модель БРИВС, так как часть ее функций решается средствами самой ОСРВ.
- ❑ Функционирование всех элементов ЭСППР синхронно и детерминировано во времени.

Недостатки

- ❑ Невозможность синтеза новой конфигурации в случае отсутствия подходящей в БЗ. Это увеличивает надежность, но сужает диапазон поиска решений.
Недостаток можно нивелировать увеличением объема БЗ и наличием избыточности в наборе конфигураций.
- ❑ Наличие двух центров управления (ЭС и НМ) может приводить к коллизиям.
Недостаток нивелируется корректной организацией взаимодействия ЭС и НМ.
- ❑ Экземпляры ОСРВ на разных ВМ изолированы и независимы, что повышает надежность, но вследствие этой идеологии, отсутствует средства диспетчеризации связанных между собой ВМ на уровне ОС.

Спасибо за внимание!