

Обобщенная модель функционирования  
модульных вычислительных систем реального  
времени для проверки допустимости  
конфигураций таких систем

Алевтина Глонина

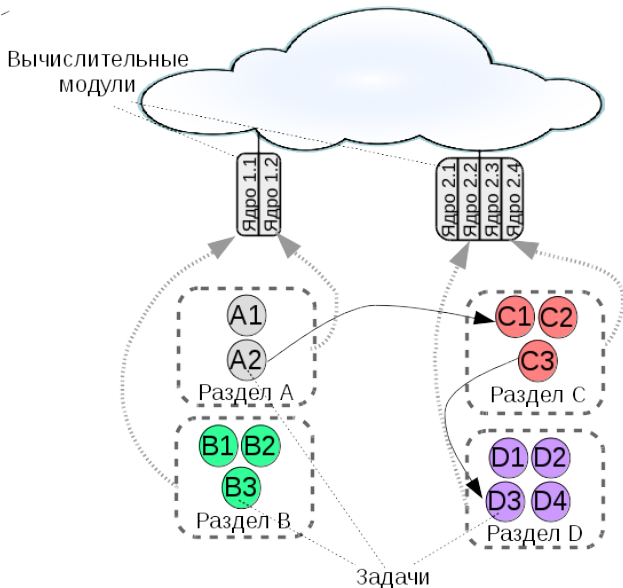
МГУ имени М.В.Ломоносова

25.09.2017

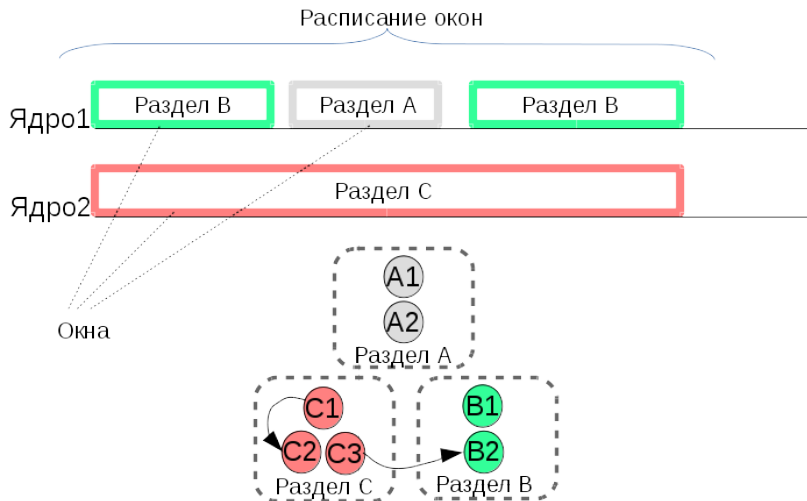
# Примеры модульных вычислительных систем реального времени

- Интегрированная модульная авионика:
  - десятки многоядерных модулей  
(Sheikh, Brun, 2010; Хорошилов, Буздалов, 2014);
  - Boeing 787: > 0.5 ТБ данных за полет;
  - Airbus A350: > 1 ТБ данных за полет.
- Автомобильные ВС (AUTOSAR):
  - 10–20 многоядерных модулей, 800 приложений  
(Ramadoss, Senthilkumar, 2011)

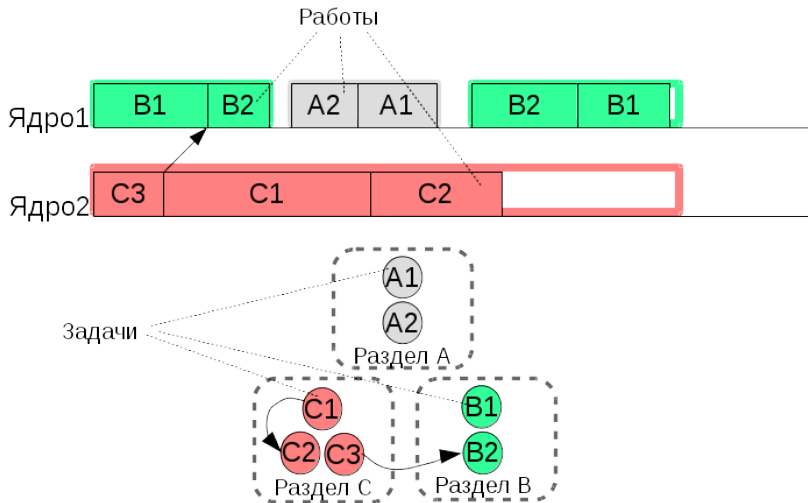
# Модульные вычислительные системы реального времени



# Планирование вычислений в МВС РВ



# Планирование вычислений в МВС РВ



Конфигурация МВС РВ:

- состав модулей;
- характеристики рабочей нагрузки (в т.ч. алгоритмы планирования в разделах);
- привязка разделов к ядрам;
- расписание окон.

**Критерий допустимости конфигурации:** все работы завершаются до наступления их директивных сроков.

**Метод проверки:** построение временной диаграммы функционирования МВС РВ и проверка по ней критерия.

*Временная диаграмма (ВД)* — набор событий постановки на выполнение, вытеснения и завершения работ (событие —  $\langle$  тип, id работы, время  $\rangle$ )

Задача: для данной конфигурации построить ВД.

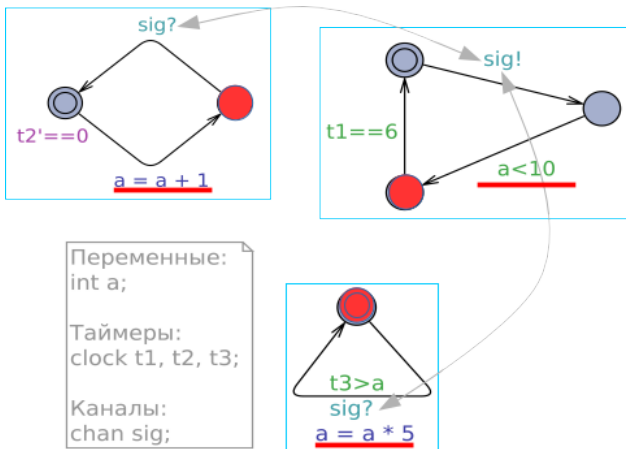
Подход: использование моделей функционирования МВС РВ.

Требования к мат. аппарату для моделирования:

- возможность моделирования всех аспектов функционирования МВС РВ (включая вытеснение);
- возможность получения ВД для заданной конфигурации;
- наличие ПО для моделирования и верификации;
- возможность формализации и проверки выполнения требований к модели.

→ **Сети временных автоматов с остановкой таймеров (Cassez, 2000).**

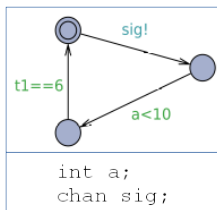
# Сети временных автоматов с остановкой таймеров



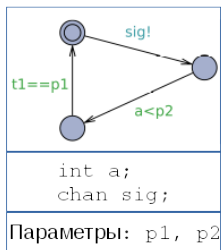


# Необходимые определения

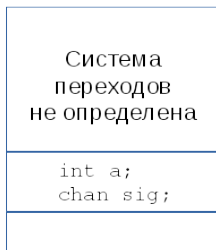
Экземпляр автомата



Параметризованный автомат



Базовый тип автомата



- *Обобщенная сеть автоматов* — набор базовых типов автоматов.
- *Параметризованная сеть автоматов* — набор параметризованных автоматов.
- *Временная диаграмма сети автоматов* — множество событий синхронизации по каналам, для каждого из которых указаны канал, автоматы-участники и модельное время.

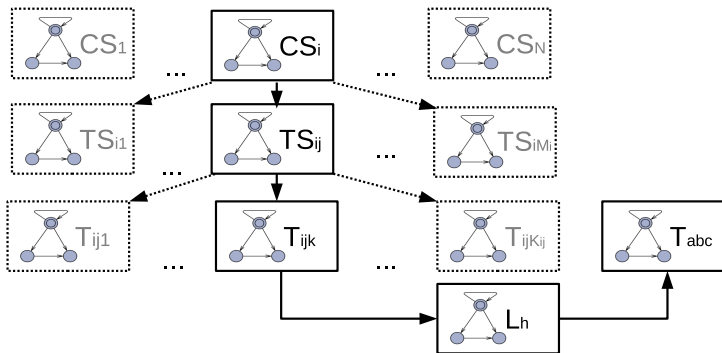
# Уровни абстракции компонентов системы и моделирующих их автоматов

<i>Уровень абстракции компонента системы</i>	<i>Уровень абстракции автомата</i>	<i>Пример компонента</i>
Базовый тип компонента	Базовый тип автомата	Планировщик раздела
Конкретный тип компонента	Параметризованный автомат	Планировщик, работающий по стратегии FPPS
Экземпляр компонента	Экземпляр автомата	Планировщик раздела «p10»

# Предлагаемый подход к моделированию функционирования МВС РВ

- Обобщенная формальная модель (ФМ) МВС РВ — обобщенная сеть автоматов, состоящая из базовых типов автоматов, соответствующих следующим базовым типам компонентов:
  - планировщик ядра;
  - планировщик раздела;
  - задача;
  - виртуальный канал.
- Модель конкретной МВС РВ — экземпляр сети автоматов;
- Модель конкретной МВС РВ автоматически строится по описанию конфигурации на основе обобщенной ФМ.

# Обобщенная формальная модель MBC РВ



$CS_i$  — планировщик  $i$ -го ядра;

$TS_{ij}$  — планировщик  $j$ -го раздела  $i$ -го ядра;

$T_{ijk}$  —  $k$ -я задача  $j$ -го раздела  $i$ -го ядра;

$L_h$  — ВК с номером  $h$ .

Обобщенная модель + Параметризованные автоматы + Конфиг.  $\longrightarrow$   
Экземпляр модели

# Корректность и детерминированность модели

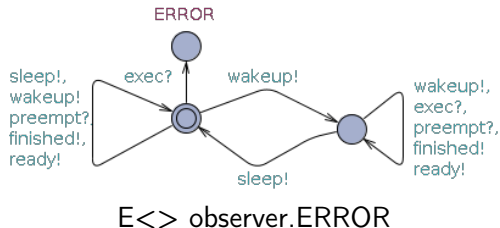


**Для проверки критерия допустимости достаточно одного прогона модели.**

# Проверка выполнения требований к моделям компонентов МВС

Подход автоматов-наблюдателей (Andre, 2013) + верификатор UPPAAL

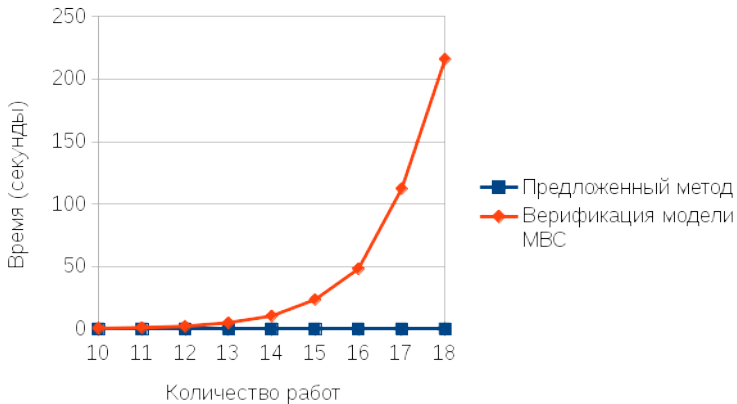
Пример: *Для любого раздела верно, что работы задач этого раздела могут быть поставлены на выполнение только в границах окон данного раздела.*



# Программная реализация

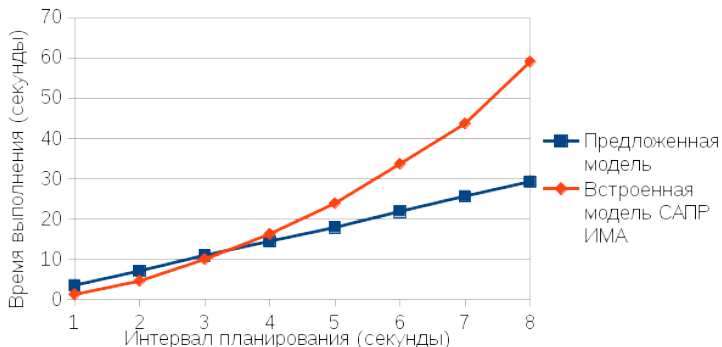
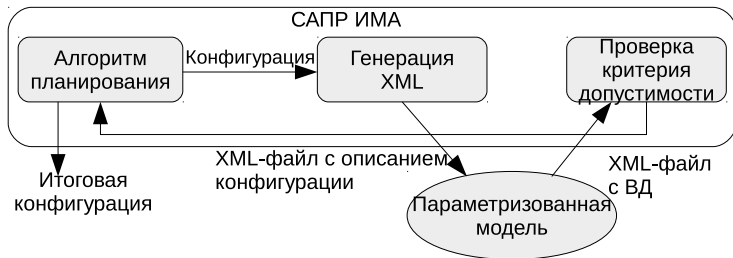


# Сравнение предложенного метода и метода верификации модели МВС РВ





# Интеграция с САПР ИМА



Достоинства предложенной модели:

- Строгая формальная основа, позволяющая обосновать корректность.
- Возможность включения пользовательских моделей в модель МВС РВ.
- Автоматическое построение модели для заданной конфигурации.
- Эффективность.

Направления дальнейших исследований:

- Расширение модели с целью её использования для построения окон.
- Интеграция с другими средствами проектирования МВС РВ.

Спасибо за внимание!

Вопросы?

# Пример параметризованного автомата: Задача

