



ГУАП

Государственный университет
аэрокосмического приборостроения

www.guap.ru

Моделирование сети марсохода ExoMars2020 с использованием SystemC

Н. И. Синёв
инженер Института ВКиСТ

И. Л. Коробков
младший научный сотрудник Института ВКиСТ

В. Л. Оленев
кандидат технических наук, доцент, зав. лабораторией Института ВКиСТ

Цели и задачи

Выполнен в рамках R&D проекта французских студентов из IPSA, Франция.

Основные задачи:

- Реализация SystemC модели сети марсохода ExoMars 2020 с использованием материалов из открытых источников.
- Внедрение в проект системы журналирования на основе одной из открытых СУБД.
- Осуществление распараллеливания модели сети.
- Разработка конфигурационного интерфейса для настройки полученной модели сети марсохода.



Anas Nairi and Julien Plante

Основные цели миссии ExoMars 2020

Нахождение возможных следов существования жизни на поверхности и в атмосфере Марса.

Для выполнения этой миссии марсоход будет использовать следующий набор инструментов:

PanCam, ISEM, CLUPI, WISDOM, ADRON-RM, Ma_Miss, MicrOmega, MOMA и RLS.

С данными инструментами марсоход будет:

- Исследовать среду планеты с целью анализа её происхождения и эволюции, и её геологического состава.
- Построение 2D и 3D карты местности для обнаружения ледяных пятен.
- Каталогизация различных горных пород Марса.
- Забор образцов почвы и их возврат на Землю по окончании своей миссии.

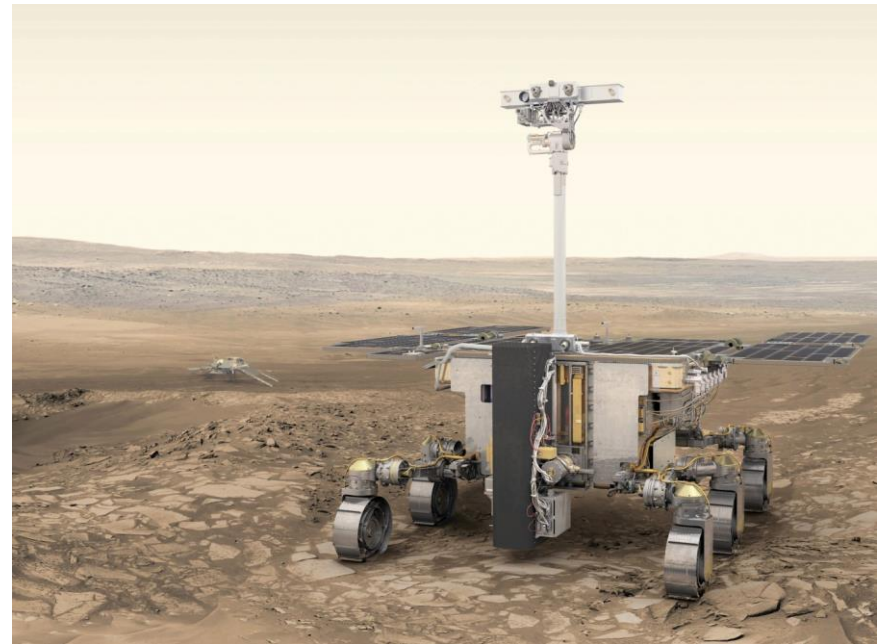


Рис.1 - Посадочная платформа и марсоход ExoMars 2020

Бортовое оборудование Марсохода ExoMars 2020

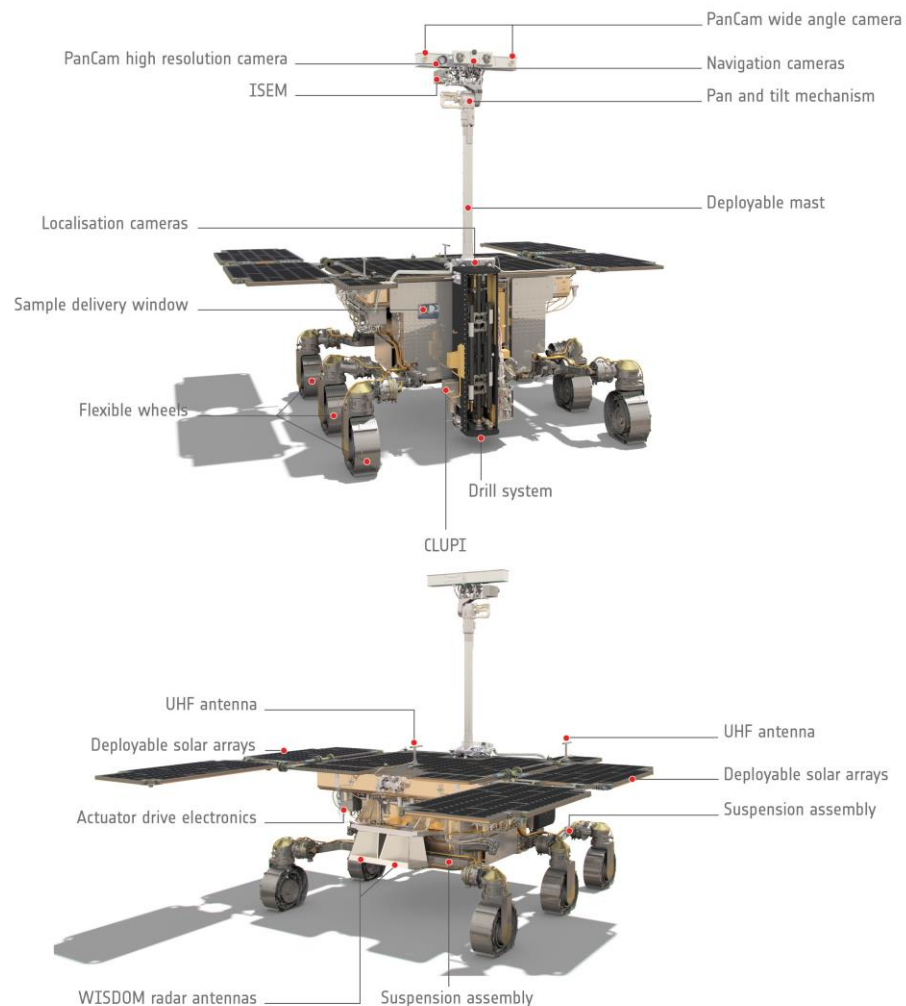


Рис. 2 – Расположение бортового оборудования на марсоходе ExoMars 2020

Камеры

PanCam - система панорамных камер используется для записи 2D и 3D изображений поверхности Марса. PanCam состоит:

- 2xWAC – Wide Angle Camera
- 1xHRC – High Resolution Camera.

CLUPI (Close-Up Imager) - камера с высоким разрешением для съёмки крупным планом. Основной целью является детальная съёмка грунта и горных пород

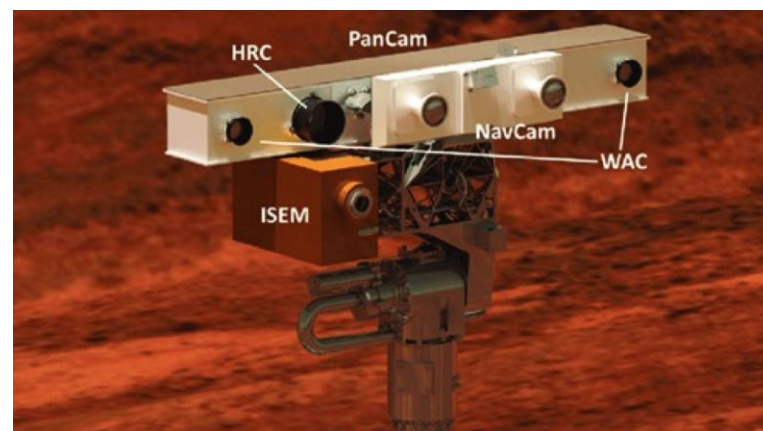


Рис. 3 - Модель модуля PanCam

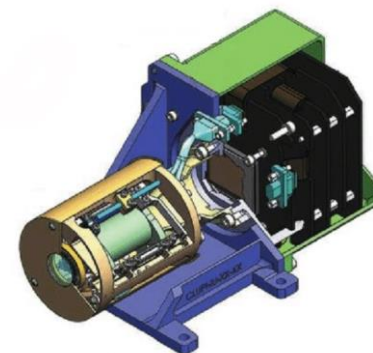


Рис. 4 - Модель модуля CLUPI

Спектрометры (1/3)

ISEM (Infrared Spectrometer of ExoMars) - инфракрасный спектрометр. Используется для контекстной оценки поверхности и её минералов в окрестности марсохода.

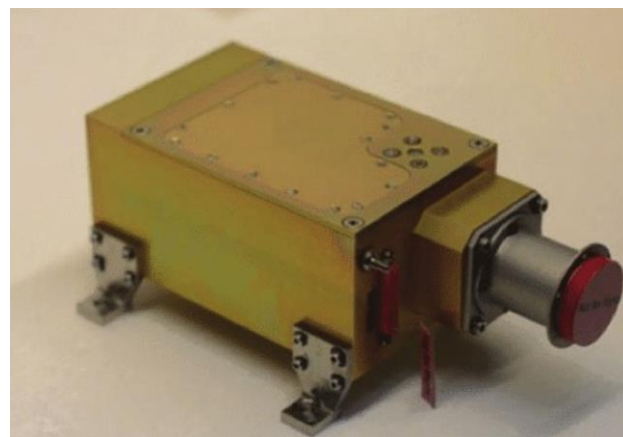


Рис. 5 - Модуль ISEM

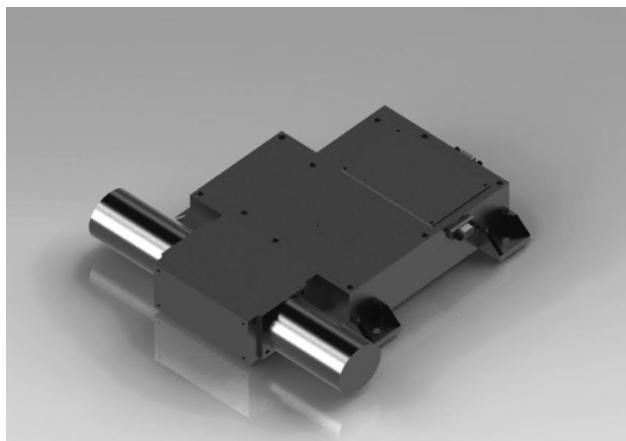


Рис. 6 - Модуль ADRON-RM

ADRON-RM (Autonomous detector of radiation of neutrons) - нейтронный спектрометр, который воспринимает излучение нейтронов с подповерхности планеты.

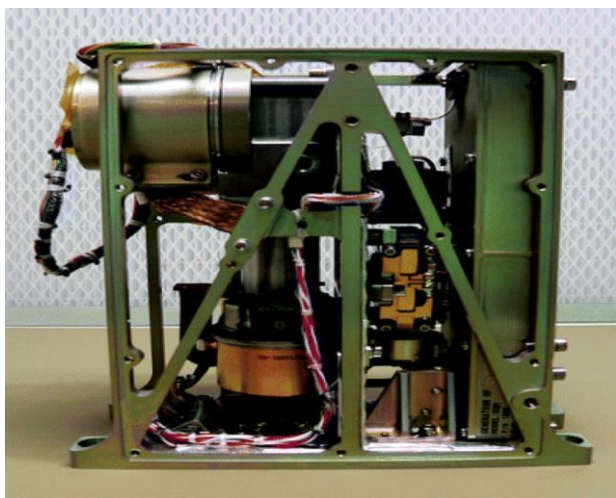
Нужен для обнаружения распределение воды и присутствие определенных элементов в этой воде в марсианских недрах.

Спектрометры (2/3)

Ma_MISS (Mars Multispectral Imager for Subsurface Studies) - спектрометр, который расположен в буре марсохода. Используется для определения горизонтального и вертикального состава марсианской почвы.



Рис. 7 - Модуль Ma_MISS



MicrOmega - инфракрасный спектрометр, предназначенный для определения детального состава марсианских образцов почвы после их сбора буровой установкой.

Рис. 8 - Внутреннее устройство модуля MicrOmega

Спектрометры (3/3)

RLS (Raman Laser Spectrometer) - спектрометр, который использует эффект комбинационного рассеивания света (эффект Рамана) для определения минералогического состава и выявления органических пигментов в марсианской почве.



Рис. 9 - Модуль RLS

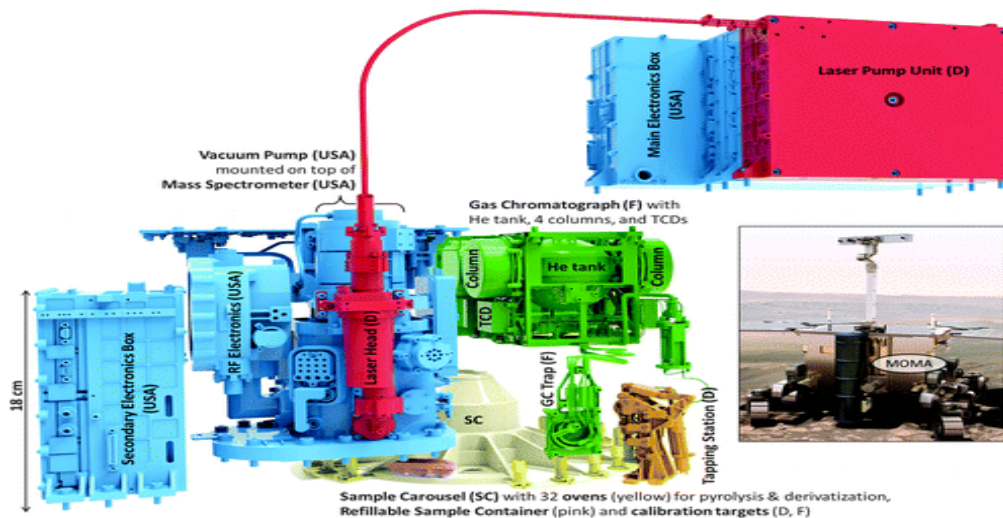


Рис. 10 - Модуль MOMA и его компоненты

MOMA (Mars Organics Molecule Analyser) - анализатор органических молекул для поиска биомаркеров в марсианской почве и атмосфере.

WISDOM

WISDOM (Water Ice Subsurface Deposit Observation on Mars) - проникающий через землю радар, который используется для выявления структуры грунта под марсоходом.

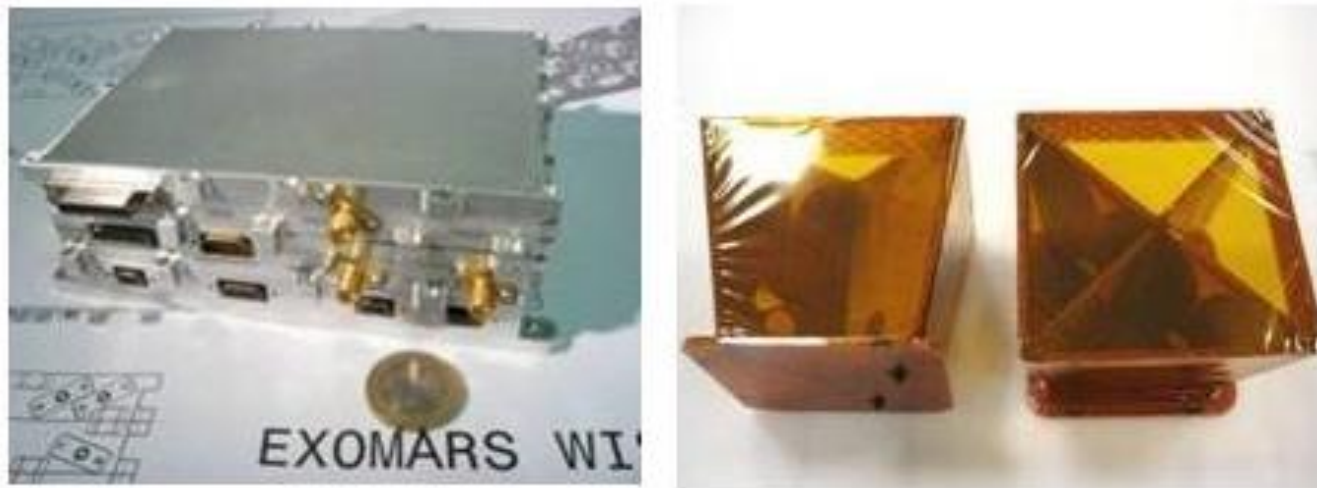


Рис. 11 - Модуль WISDOM (слева) и его антенны (справа)

Существующие решения

- В «**Mechanical simulation of the Exomars rover using Siconos in 3DROV**» авторы смоделировали марсоход ExoMars, используя систему планетарного моделирования 3DROV, а после добавления INRIA SICONOS успешно смоделировали поведение марсохода на планетарной местности.
- В работе «**ESA ExoMars: Pre-launch PanCam Geometric Modeling and Accuracy Assessment**» рассматривается PanCam. Основное внимание, в данном исследовании, авторы уделяют моделированию алгоритмов компьютерного зрения и выявлению ошибок их работы.
- В «**Airbus Defence and Space**» показывается обзорная модель марсохода, на которой показывается расположение различной электроники и кабелей, которые соединяют приборы внутри марсохода (Рис 12).
- Авторами из «**ESA-G. Porter**» была сделана и протестирована Lego-модель для тестирования управления марсоходом из посадочного модуля.

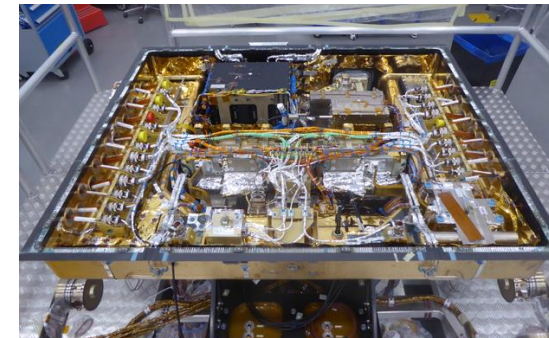


Рис. 12 – Модуль бортовой электроники

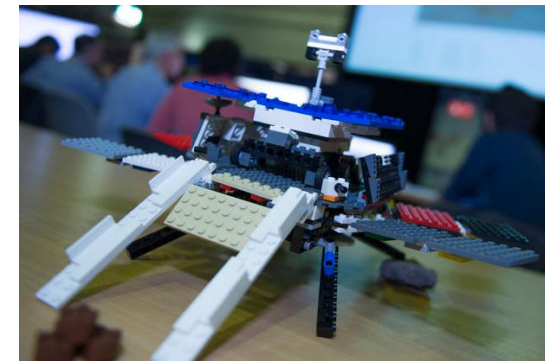


Рис. 13 – Lego-модель марсохода и посадочного модуля ExoMars 2020

Имитационная модель сети марсохода ExoMars 2020

Имитационная модель включает:

- Сетевой,Packetный уровень, и часть уровня обмена SpaceWire. В данной реализации так же не представлены функции восстановления канала после ошибки и признак ошибочного конца пакета (EEP).
- Транспортный уровень (RMAP). Реализованы режимы чтения и записи и все основные функции по обработке пакетов.
- SystemC ядро для моделирования и C++ окружение, описывающее базовую функциональность приведенных выше протоколов.

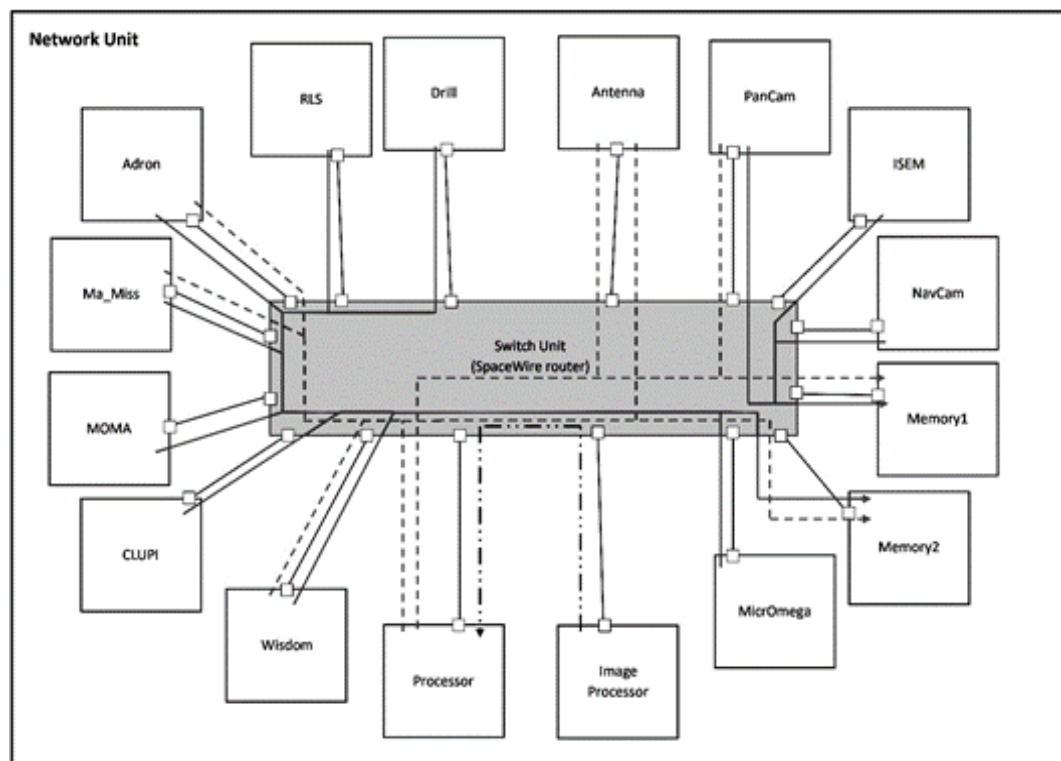


Рис. 14 - Структурная схема и потоки данных имитационной модели сети марсохода ExoMars2020

Параллельная модель сети марсохода ExoMars 2020

- Выбраны непересекающиеся относительно друг от друга потоки данных.
- Согласно выбранным потокам данных, осуществлено разделение сети на 2 независимых сегмента путем деления SpaceWire коммутатора на 2 коммутатора со своим набором инструментов.
- В каждый получившийся сегмент сети добавлены процессор обработки изображения и командный процессор.

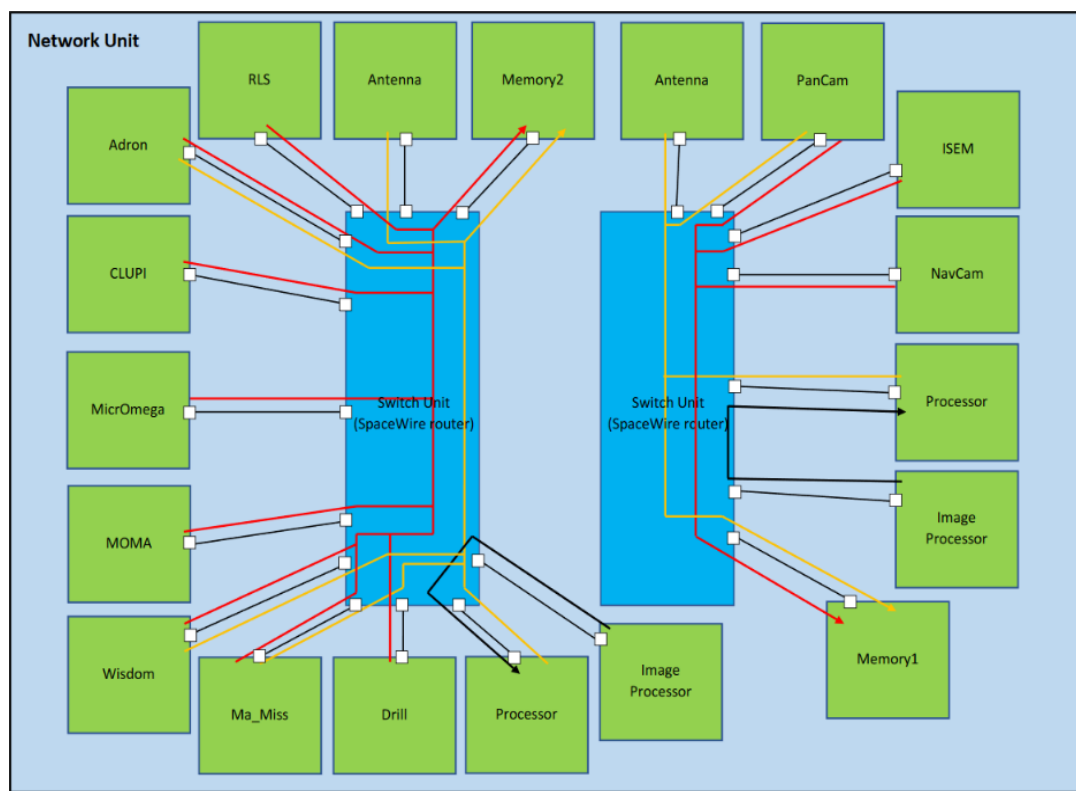


Рис. 15 - Структурная схема и потоки данных параллельной имитационной модели сети марсохода ExoMars2020

Результаты работы параллельной модели

- В качестве СУБД использовалась SQLite:
 1. Встраиваемая.
 2. Компактная (все хранится в одном файле)
 3. Легко подключается в с/с++ проекты.
- Почти **4х кратное уменьшение времени моделирования** в параллельной модели без использования СУБД.
- С использованием SQLite **уменьшение времени моделирования**, в параллельной модели, **не значительно**.
- SQLite **не поддерживает** единовременную множественную запись.

Таблица 1. Сравнение результатов работы одиночной и параллельной модели

Модель	Без SQLite, Сек	С SQLite, Сек
Одиночная	24.07 с	54.19 с
Параллельная	6.28 с	50.47 с

Таблица 2. Технические характеристики тестового ПК

Процессор	Intel Core i5 6 поколения
Количество ядер	4
Оперативная память	8 Гб DDR4
Жесткий диск	HDD 5400 об/м

Конфигурационный интерфейс для настройки модели сети

- Настройки режима (одиночный/параллельный) и времени моделирования.
- Настройки характеристик узлов: логический адрес, размер кадров, скорость передачи, период генерации ошибок.
- Настройки характеристик пакета: количество и размер, период и время начала отправки пакетов.
- Просмотрщик журнала моделирования, результаты которого сохраняются в БД.

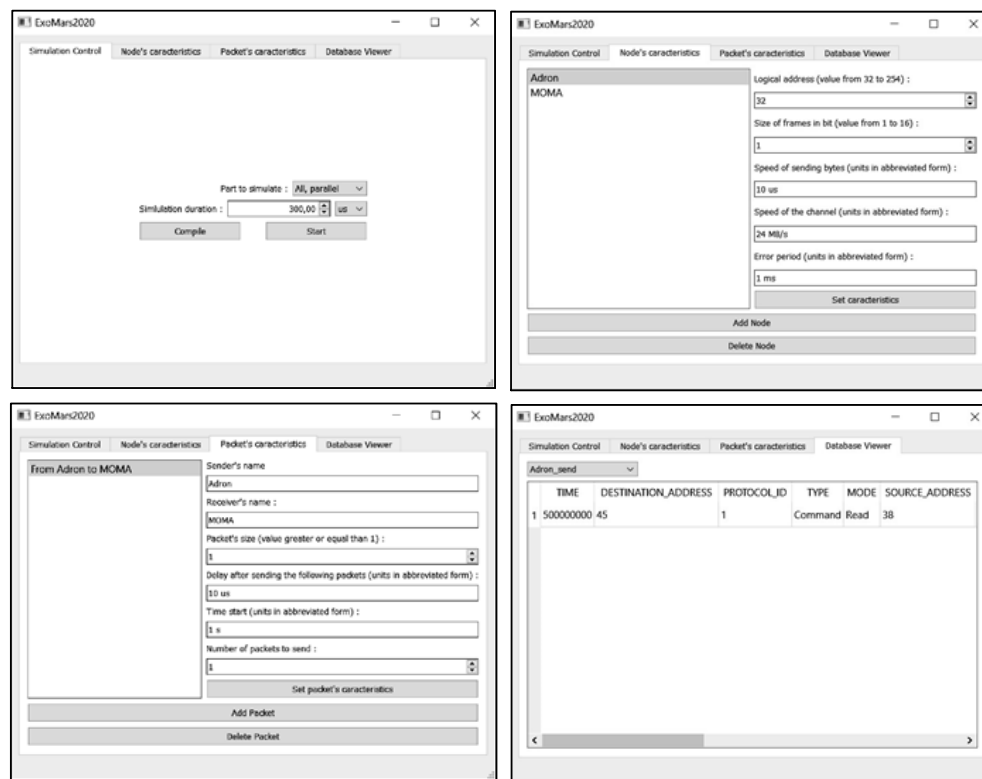


Рис. 16 – Пример работы конфигурационного интерфейса

Выводы

- **Реализована** имитационная модель сети марсохода ExoMars 2020. Поскольку в открытом доступе представлено очень мало информации о самой сети (большая часть информации относится к научным исследованиям), то данная модель не является референсной, но она может служить прочной основой для будущих исследований и симуляций, если будут раскрыты более подробные сведения о структуре сети и её элементов.
- **Осуществлено распараллеливание** имитационной модели путем деление сети на отдельные сегменты с непересекающимися потоками данных. Использование параллельной модели **позволяет сократить** время выполнения моделирования **в 4 раза**.
- Использование SQLite в качестве СУБД для имитационной модели не является оправданным. Данная СУБД не поддерживает одновременную множественную запись в БД, поэтому следует рассмотреть другие альтернативные СУБД.