

# Тестирование РСДБ коррелятора DiFX в инфраструктуре облачного сервиса

А.М. Кононов<sup>1</sup>, И. А. Безруков<sup>1</sup>, А. Е. Мельников<sup>1</sup>  
Институт прикладной астрономии РАН  
Санкт-Петербург, Россия



## ВВЕДЕНИЕ

В рамках данного исследования рассматривается возможность использования облачной инфраструктуры для развертывания программного коррелятора DiFX с целью создания резервной системы на случай аварийных ситуаций. Предлагаемый подход предполагает запуск DiFX на виртуальных серверах облачного провайдера, что позволяет сократить расходы финансовых и временных ресурсов.

DiFX, программный корреляционный центр, является одним из основных программных инструментов для обработки данных, полученных с помощью техники наземного радиointерферометрического наблюдения со сверхдлинными базами (РСДБ). Запуск подобного ПО на серверах облачных провайдеров позволит масштабировать систему корреляции данных.

Для реализации эксперимента были задействованы инструменты автоматизации конфигурационного управления Ansible (написанный на языке программирования Python) и управления облачной инфраструктурой Terraform. Ansible использовался для развертывания необходимого программного обеспечения на предварительно созданной виртуальной машине с операционной системой Linux, в то время как Terraform обеспечивал провизионирование самой виртуальной машины в облачной среде провайдера.

В ходе исследования были проанализированы производительность и масштабируемость DiFX в облачной среде. Кроме того, оценивались преимущества и ограничения облачного развертывания DiFX с точки зрения затрат, гибкости и удобства эксплуатации.

В представленной работе приведены результаты тестирования и использования облачных технологий для запуска программного обеспечения (DiFX) и приведено обоснование актуальности разработки такого ПО.

## ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Эксперимент был реализован в несколько этапов:

1) Создание виртуальной машины с требуемой конфигурацией. С помощью инструмента Terraform, реализующий подход управления инфраструктурой через конфигурационные файлы, был сгенерирован запрос на предоставление виртуальной машины с заданными параметрами у облачного провайдера. Данный инструмент позволяет оперативно развернуть экземпляр виртуальной машины с необходимой операционной системой, количеством вычислительных ядер и объемом оперативной памяти. Поскольку программный коррелятор DiFX функционирует исключительно под управлением операционной системы Linux, а его производительность напрямую зависит от числа ядер процессора, для тестирования были созданы экземпляры виртуальных машин на платформе "Яндекс Облако" с операционной системой Ubuntu 22.04 и 8, 16 и 32 вычислительными ядрами.

Временные затраты на создание виртуальной машины: 1 минута.

2) Автоматизированная настройка программного обеспечения. Для автоматизации процесса установки требуемого программного обеспечения на виртуальную машину был разработан сценарий на языке Ansible. Ключевыми компонентами, установленными в рамках данного эксперимента, являлись: библиотека Intel Integrated Performance Primitives (Intel IPP), предназначенная для создания приложений обработки данных, и программный РСДБ-коррелятор DiFX.

Временные затраты на установку и настройку программного обеспечения: 20 минут.

№	Дополнительное программное обеспечение	Время установки
1	Инициализация пользователя и настройка доступа к нему	10 секунд
2	Установка базовых библиотек (git, http, curl, ...)	6 минут
3	Установка Intel Integrated Performance Primitives (Intel IPP)	3 минуты
4	Установка DiFX-коррелятора	10 минут

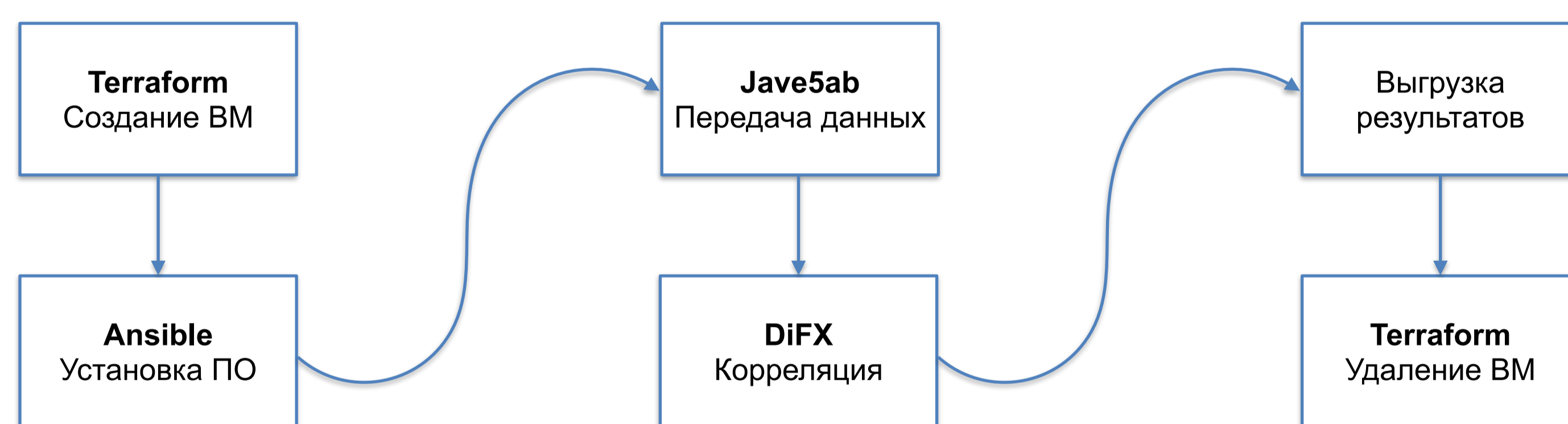
3) Передача данных для корреляционной обработки. На этом этапе работ файлы в форматах m5b, содержащие оцифрованные радиосигналы, были переданы с системы хранения данных ИПА РАН на развернутую виртуальную машину в "Яндекс Облаке". Трансфер данных осуществлялся с использованием утилиты jive5ab/m5sору в 4 параллельных потока. Пиковая скорость передачи достигала 600 Мбит/с при среднем значении 200 Мбит/с. Средний размер одного файла m5b составлял 2 ГБ, таким образом время передачи одного подобного файла - 10 секунд.

4) Корреляция и обработка. С применением программного корреляционного обеспечения DiFX была выполнена корреляционная обработка принятых радиointерферометрических данных.

5) Выгрузка результатов. Результаты корреляционной обработки выгружены с виртуальной машины в "Яндекс Облаке" обратно в систему хранения данных ИПА РАН для дальнейшего анализа.

6) Удаление виртуальной машины. После завершения эксперимента виртуальная машина была удалена с помощью Terraform для оптимизации использования ресурсов и снижения затрат.

## СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА



## ТЕСТИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Для оценки возможности использования в качестве сервера для корреляции данных сервис облачной инфраструктуры было проведено тестирование пропускной способности канала связи между виртуальной машиной "Яндекс Облака" и виртуальной машиной на сервере ИПА РАН, содержащей файлы наблюдения. Для проверки скорости передачи данных на сервера облачного провайдера и последующей их обработки использовалась утилита jive5ab/m5sору. Данные передавались в 4 потока. Результаты тестирования, полученные с помощью протокола ud, представлены на рисунке 1.

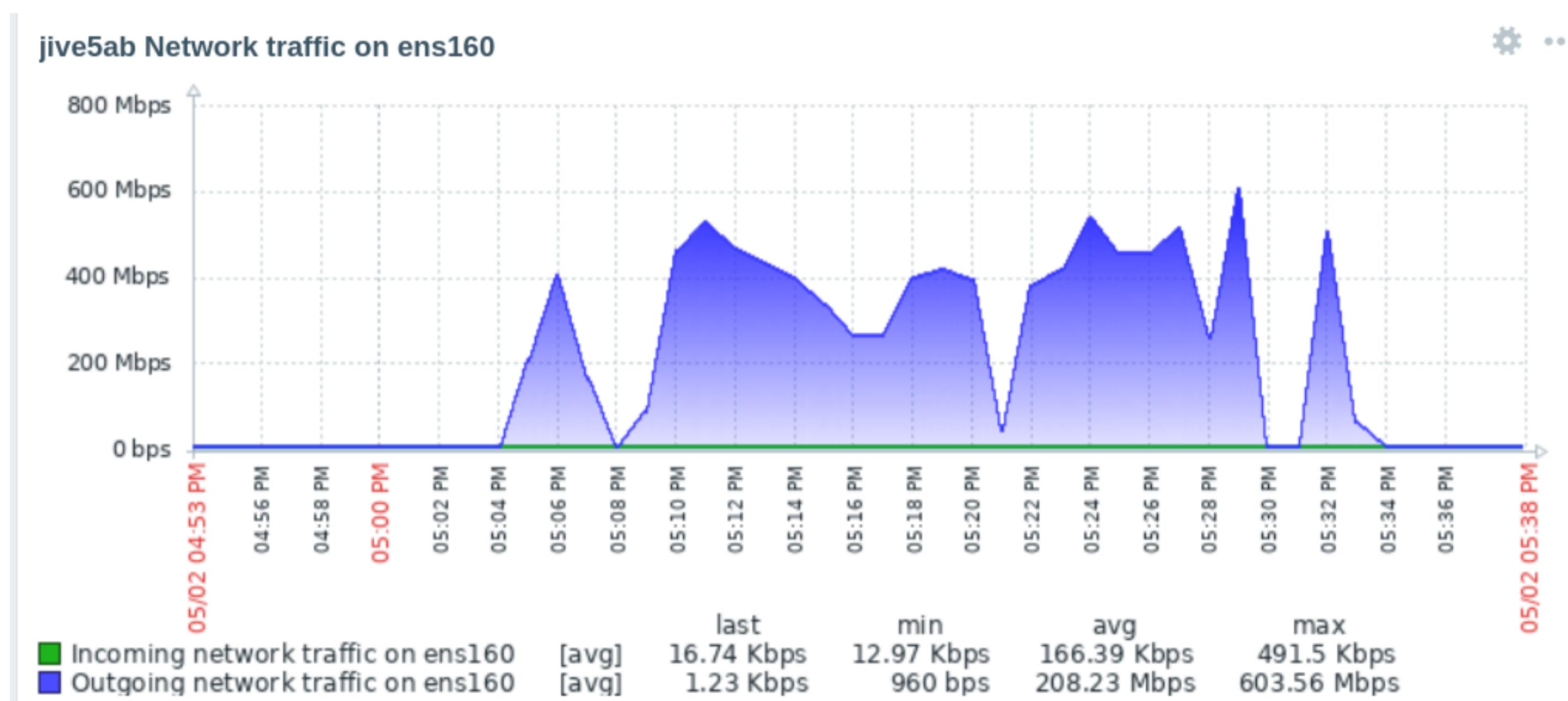


Рисунок 1. Скорость передачи данных на виртуальную машину в "Яндекс Облаке".

Также для проверки скорости передачи файлов было произведено тестирование канала с помощью утилиты iperf3. Измерения пропускной способности осуществлялись между виртуальной машиной, развернутой в вычислительной инфраструктуре "Яндекс Облако", и виртуальной машиной, задействованной для хранения данных в ИПА РАН. Время одной сессии составило 10 секунд. Результаты тестирования каналов передачи данных представлены в таблице.

№	Число потоков	Ограничение скорости одного потока	% потери пакетов	Максимальная скорость сессии
1	1	1 Gb/c	0.18 %	1 Gb/c
2	3	1 Gb/c	0 %	2.21 Gb/c
3	4	1 Gb/c	0 %	2.46 Gb/c
4	4	1 Gb/c	0 %	2.44 Gb/c
5	4	1 Gb/c	0.0038 %	2.40 Gb/c
6	5	1 Gb/c	0 %	2.42 Gb/c
7	8	4 Gb/c	0.071 %	2.42 Gb/c

Из этих данных получено, что средняя скорость передачи по одному каналу составляет 660 Mb/c. Это значение немного выше пикового значения, полученного при использовании утилиты jive5ab. Можно сделать вывод, что оптимальнее всего передавать данные в 4 потока.

## ПЕРЕДАЧА И ОБРАБОТКА СЕССИИ

Для проверки работы коррелятора DiFX была проведена тестовая обработка сессии наблюдений "ri4518". Данная сессия длилась 1 час и была зарегистрирована с использованием двух 32-метровых радиотелескопов РСДБ-комплекса ИПА РАН - "Бадары" и "Зеленчукская". Следует отметить, что примерно половину времени сессии заняло наведение антенн на различные астрономические источники, а вторую половину времени - запись данных. Передача осуществлялась утилитой jive5ab/m5sору в 4 потока. Обработка осуществлялась на нескольких виртуальных машинах: с 8 ядрами, 16 ядрами и 32 ядрами процессора.

№	Число ядер	Оперативная память (RAM)	Время передачи сессии	Время обработки сессии
1	8	8 GB	34 мин 48 сек	38 мин 48 сек
2	16	16 GB	34 мин 45 сек	34 мин 18 сек
3	32	32 GB	34 мин 17 сек	33 мин 17 сек

Анализ полученных результатов позволил установить, что время передачи данных не зависит от количества ядер процессора виртуальной машины и составляет примерно 35 минут. Также время обработки данных не зависит от числа ядер используемых вычислительных узлов.

## РАБОТА ВИРТУАЛЬНОЙ МАШИНЫ

Для оценки загруженности виртуальной машины в течение всего периода функционирования применялся внешний инструмент мониторинга системы, предоставляемый "Яндекс Облаком". Данный инструмент позволил осуществлять мониторинг нагрузки на ядра процессора, дисковую подсистему и сетевой канал связи. С помощью него можно наблюдать 3 основных этапа работы виртуальной машины:

- 1) Установка и настройка программного обеспечения
- 2) Загрузка данных сессии
- 3) Обработка сессии

Каждый этап занимает примерно 1/3 времени работы виртуальной машины.

Результаты мониторинга функционирования виртуальной машины, оснащенной 32 ядрами процессора, отображены на графиках, представленных на рисунке 2.

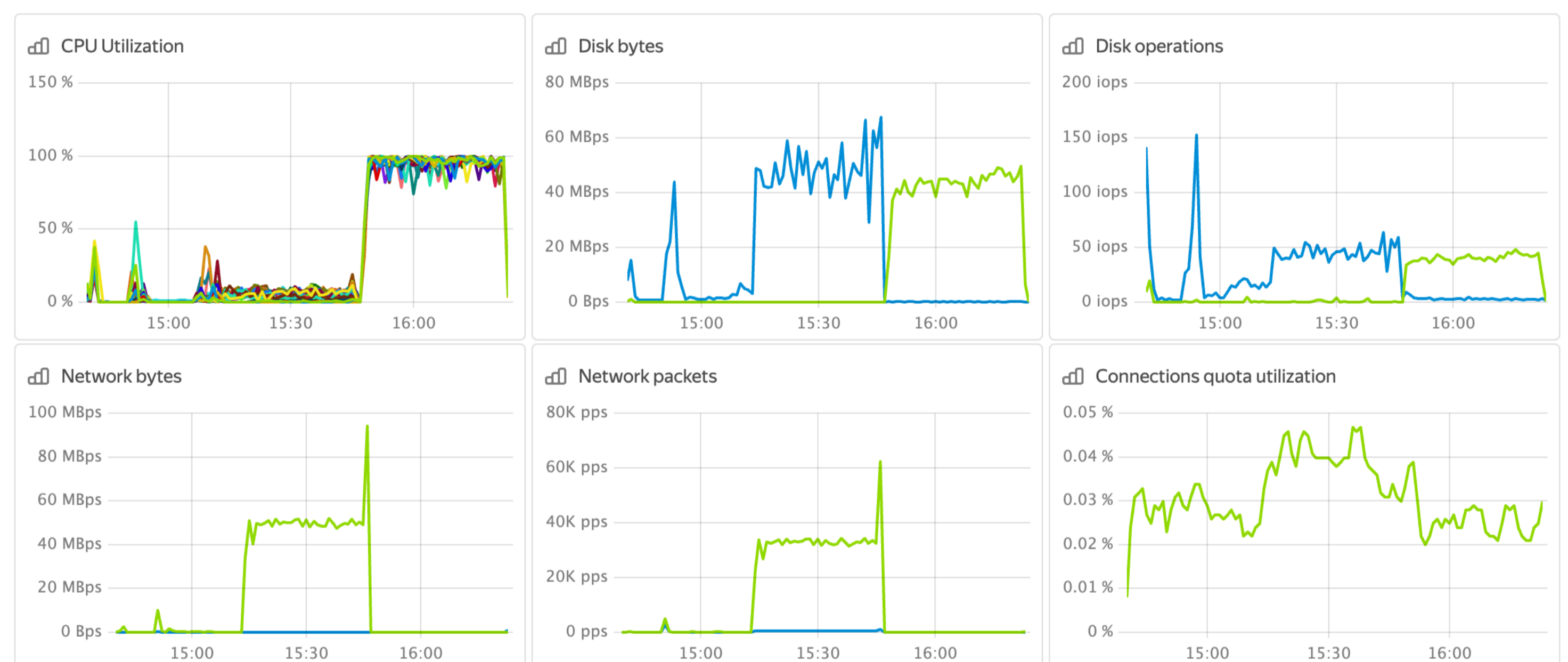


Рисунок 2. Мониторинг виртуальной машины, оснащенной 32 ядрами процессора.

## ПЛАНЫ НА БУДУЩЕЕ

Для увеличения скорости обработки сессии могут быть рассмотрены следующие варианты:

- 1) Сокращение времени на инициализацию виртуальной машины и подготовку её к приёму и обработке сессий посредством использования заранее сформированного образа виртуальной машины.
- 2) Возможность отключения виртуальной машины по завершении обработки серии сессий вместо ее полной деинициализации, что позволит оптимизировать временные издержки при последующем запуске.
- 3) Реализация возможности параллельной обработки двух и более сессий на одной виртуальной машине путём закрепления определённого количества ядер процессора за каждой сессией.
- 4) Реализация возможности параллельной обработки сессий с одновременной передачей данных сессий на виртуальную машину.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- 1) Написан софт для автоматизации развертывания среды под программный коррелятор DiFX на виртуальной машине в облачном сервисе "Яндекс Облако".
- 2) Проведено измерение скорости передачи файлов между виртуальной машиной в "Яндекс Облаке" и системой хранения данных ИПА РАН.
- 3) Осуществлена тестовая передача и корреляция данных часовой сессии, зарегистрированных двумя антеннами.
- 4) Замечено, что время передачи и обработки сессии не изменилось при увеличении числа ядер у виртуальной машины с 8 до 16 и 32. Это является очень интересным результатом. Причину этого можно будет исследовать в следующих работах.
- 5) Описываемое в статье решение может быть использовано для корреляции данных в случае непредвиденной ситуации.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1) Terraform провайдер "Яндекс Облако" – URL: <https://terraform-provider.yandexcloud.net/> [Электронный ресурс]. (Дата обращения 2024)
- 2) Ansible community documentation – URL: <https://docs.ansible.com/> [Электронный ресурс]. (Дата обращения 2024)
- 3) The DiFX Documentation – URL: <https://www.atnf.csiro.au/people/Tasso.Tzioumis/vlib/dokuwiki/doku.php/difx/documentation/> [Электронный ресурс]. (Дата обращения 2024)