



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

МИЭМ НИУ ВШЭ “Компьютерные системы и сети”

# ВЫСОКОУРОВНЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЕЙ НА КРИСТАЛЛЕ

Студент:  
Раджабов Ф. Р., МКС-202

Руководитель:  
доцент Романов А. Ю.

Москва, 2022

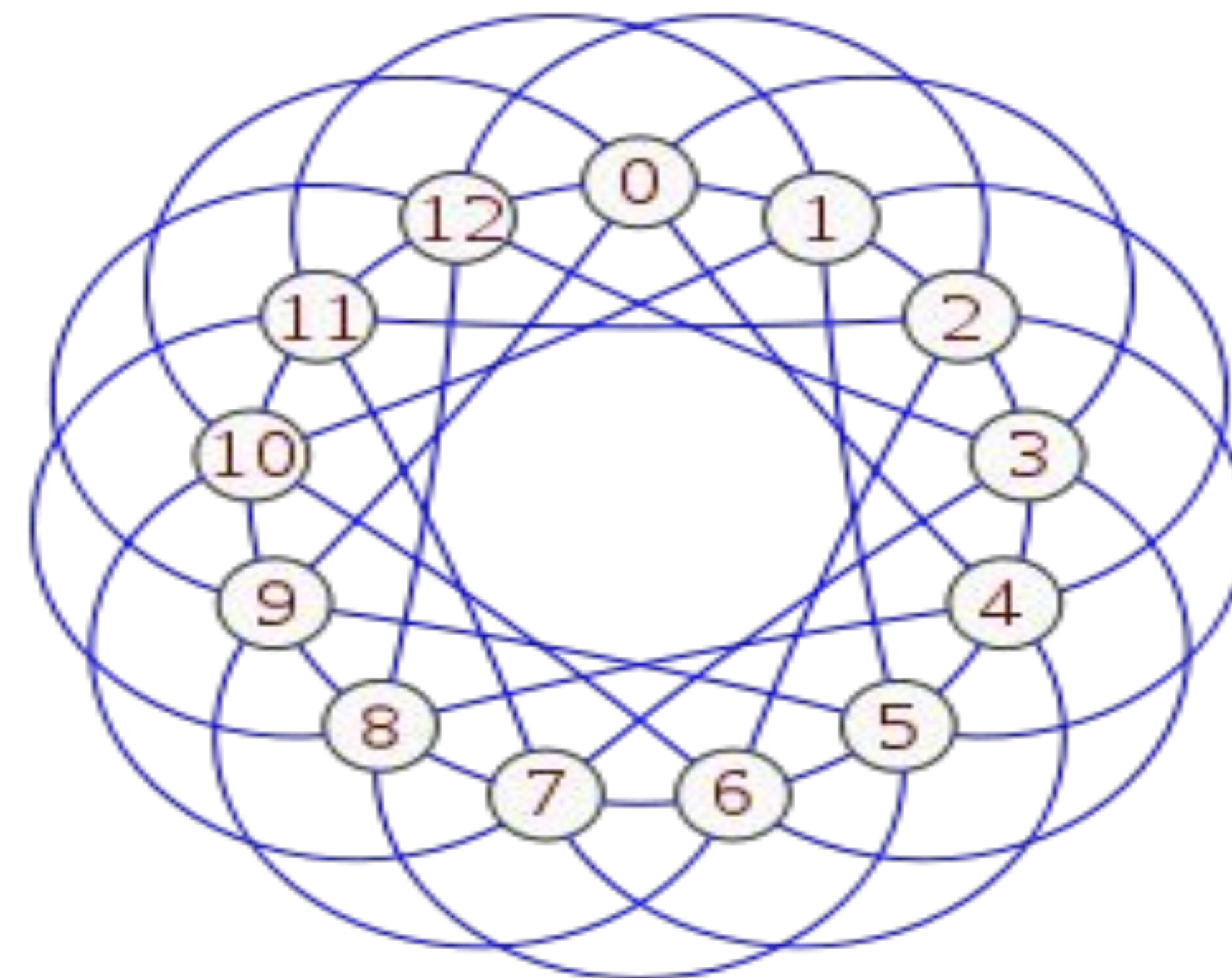


## Цель проекта:

Цель научно-исследовательского проекта – модификация существующих высокоуровневых моделей сетей на кристалле с подсистемой маршрутизации на основе циркулянтных графов для повышения производительности сети.

## Эквивалентные определения:

- Автоморфизм группы графа содержит циклическую подгруппу, которая действует транзитивно на вершинах графа.
- Граф имеет матрицу смежности, являющуюся циркулянтном
- $n$  вершин графа можно пронумеровать числами от  $0$  до  $n - 1$  таким образом, что если две вершины с номерами  $x$  и  $y$  смежны, то любые две вершины с номерами  $z$  и  $(z - x + y) \bmod n$  тоже смежны.



Граф Пэли 13-го порядка как пример циркулянтного графа



## Сеть на кристалле (СтнК)

Сеть состоящая из нескольких функциональных узлов (процессоры, микропроцессоры, память, дополнительные устройства) собранных на одной интегральной схеме.

Для организации СтнК необходимо определить основные характеристики сети:

- топология - способ организации узлов в сеть
- маршрутизация - алгоритм/метод поиска маршрутов в сети
- управление потоком - способ обеспечения передачи данных в сети
- буферизация - управление промежуточным хранением пакетов в маршрутизаторах
- арбитраж - планирование использования каналов и буферов

Управление всеми этими параметрами должна обеспечивать модель СтнК.

# Проблемы

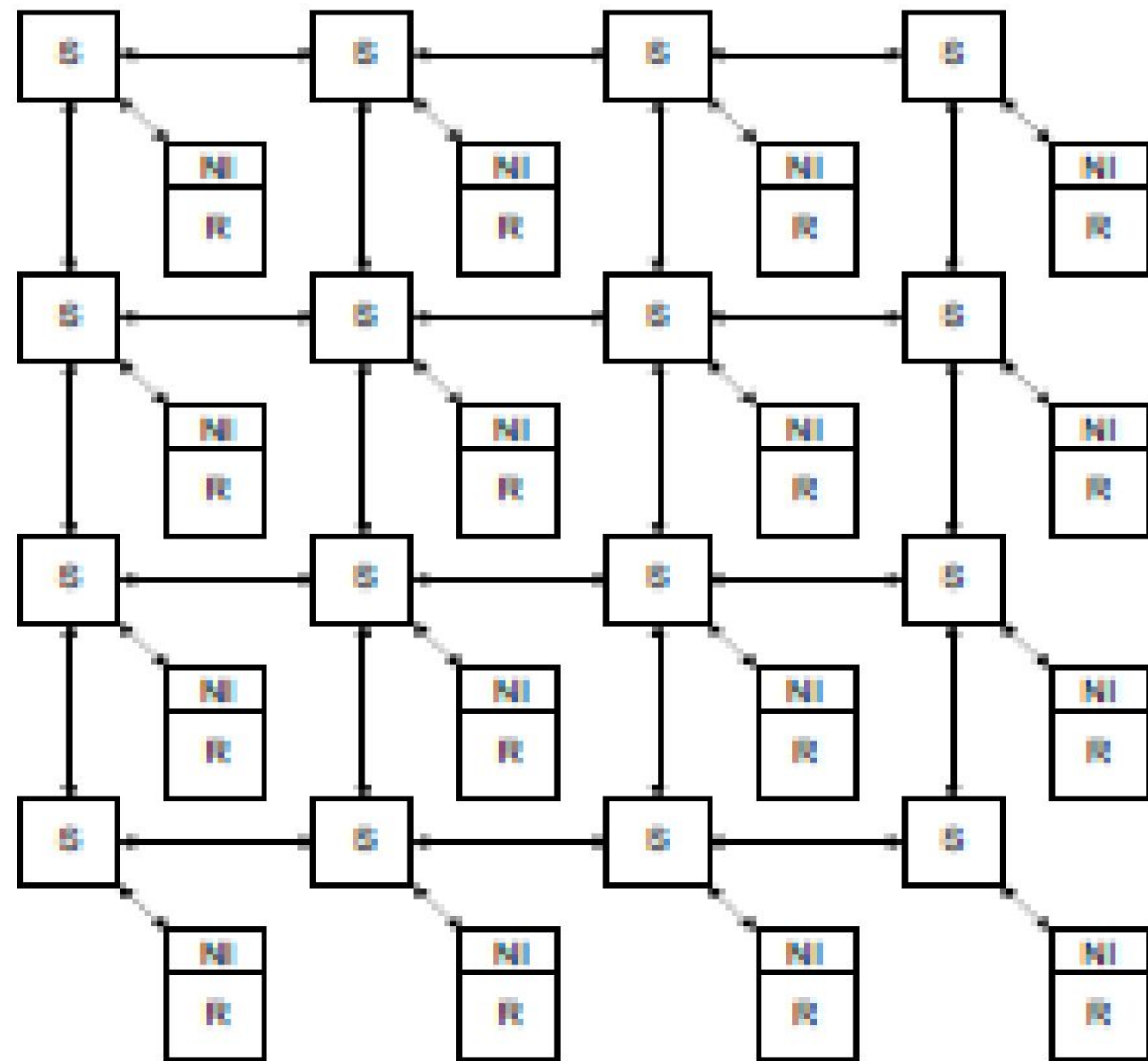
- Достижение предела вычислительных возможностей цифровых систем. Экстенсивный рост вычислительных ядер в пределах одного чипа.
- Существует большое количество симуляторов СтнК, которые позволяют моделировать работу СтнК с выбранным набором характеристик. Но не все поддерживают гибкую настройку характеристик СтнК.
- В большинстве случаев нельзя изменить топологию СтнК без изменения программного кода.
- Поэтому, необходимо либо создать свой, либо доработать уже существующий симулятор для добавления интересующих топологий и исследования их влияния на пропускную способность сети.



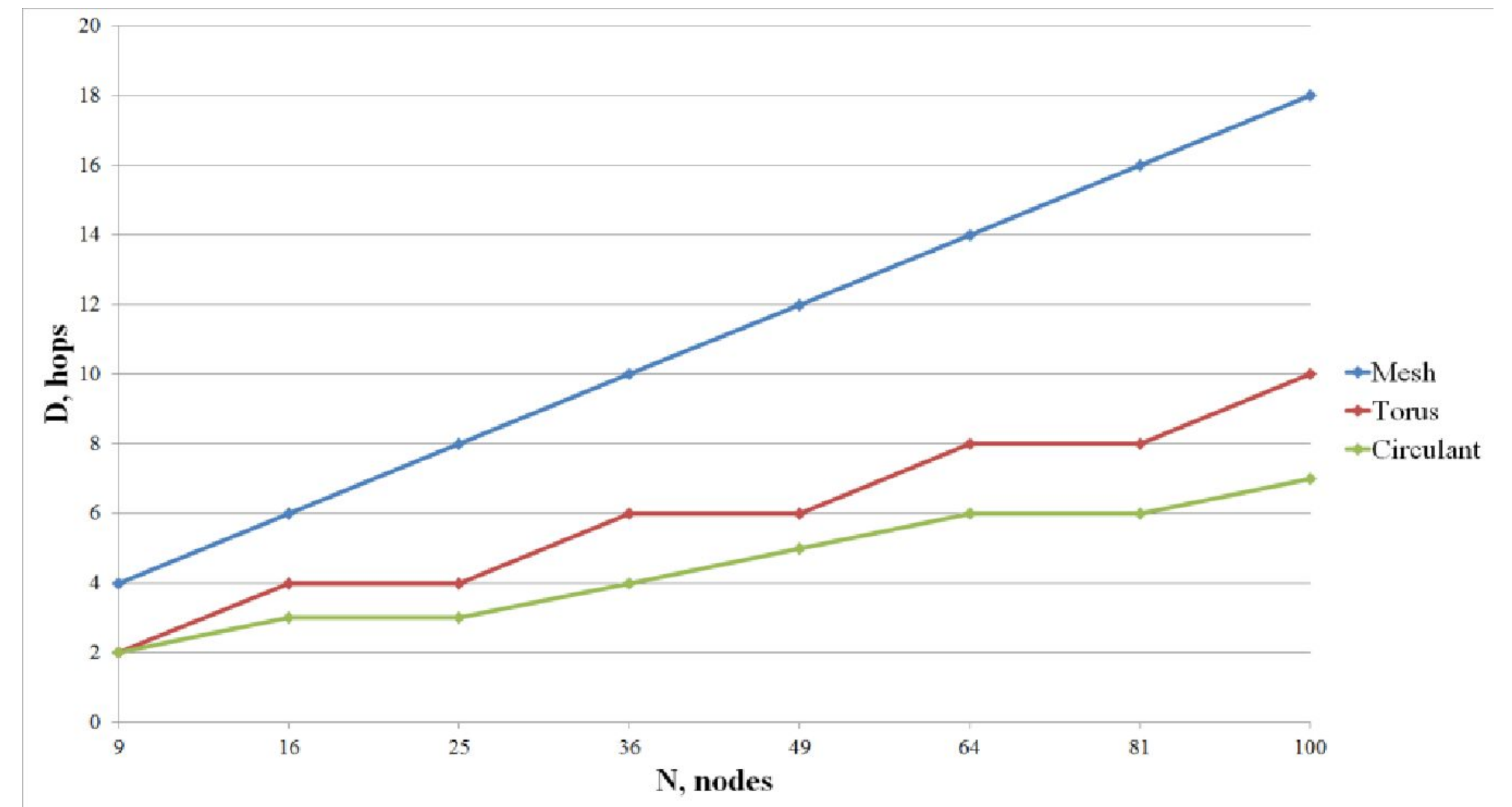
## Задачи

- На основании обзора симуляторов для сетей на кристалле (СтнК), выбрать существующий или разработать свой программный симулятор сетей на кристалле.
- Установить на рабочую машину, настроить исполнительное окружение и разобраться, как с ней работать.
- Модифицировать/доработать модель так, чтобы добавить возможность проведения моделирования задаваемых конфигурационным файлом топологий сетей на кристалле, обеспечить полную функциональность модели.
- Провести моделирование новых топологий, сравнить результаты моделирования с разными топологиями, доказать корректность работы программной модели.
- Добавить в него возможности моделирования циркулянтных топологий.
- Произвести его тестирование.

# Программный симулятор Nostrum



NoC Nostrum с 16 ресурсами и коммутаторами



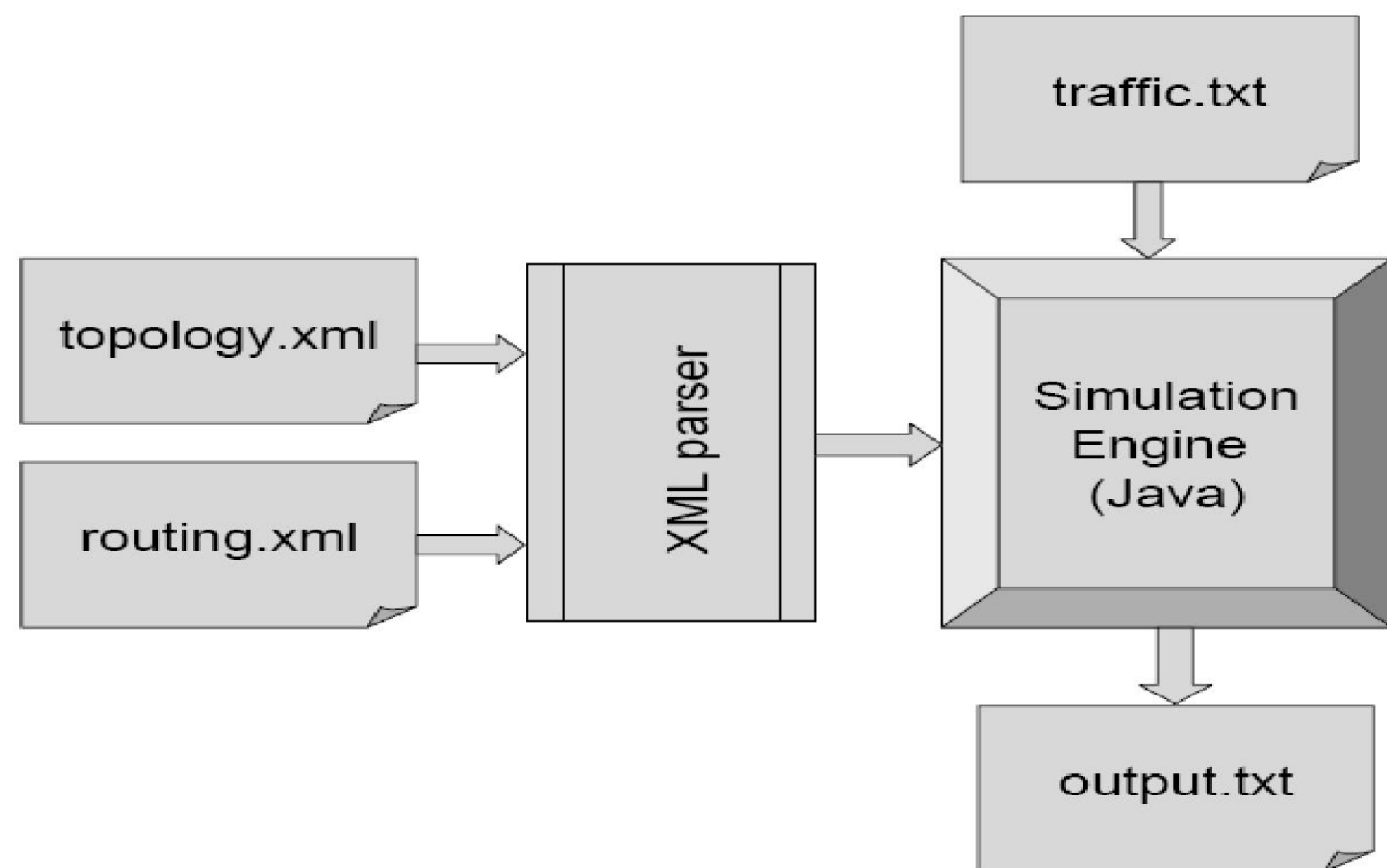
Зависимость диаметра сети от количества узлов и топологии

# Результаты

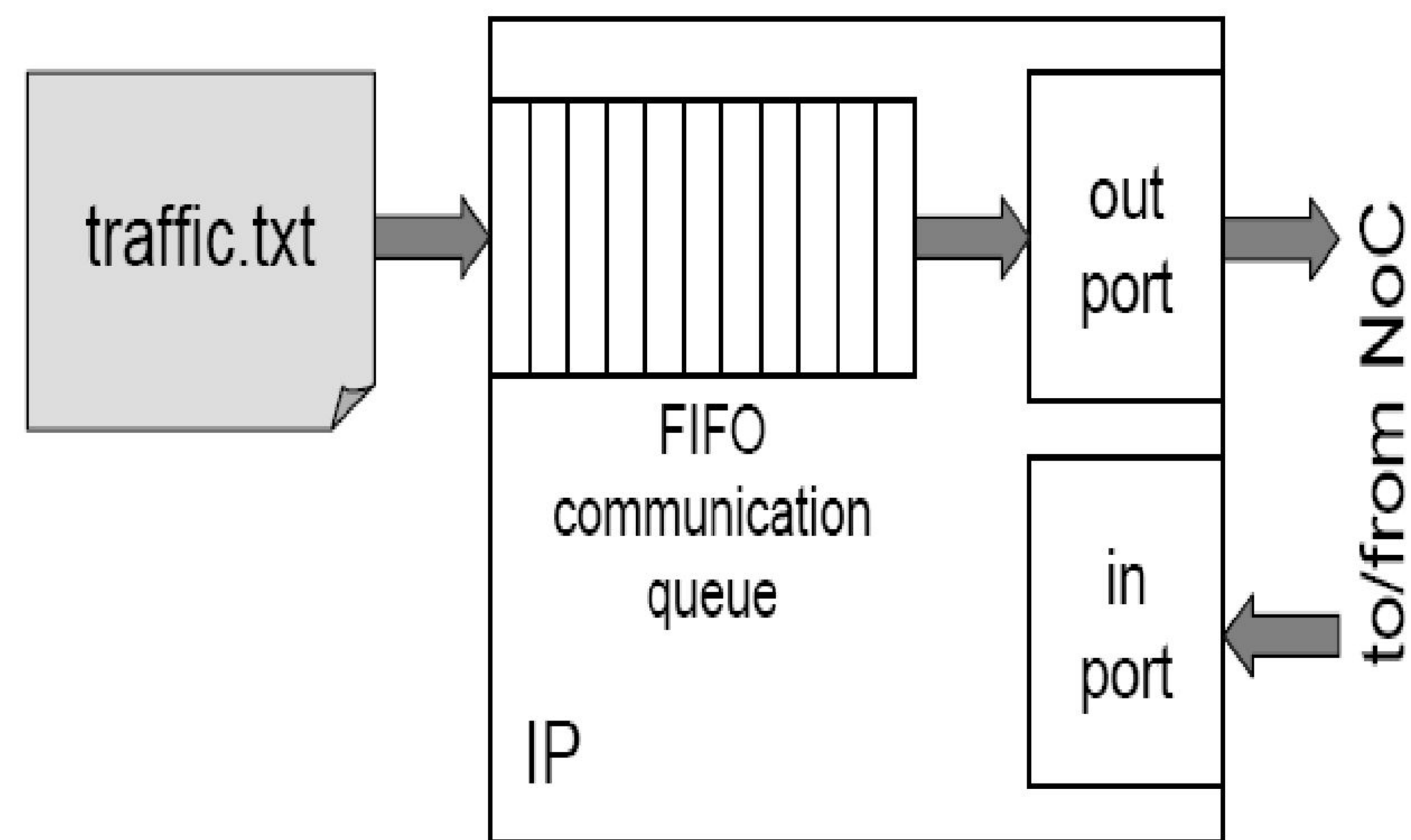
- ★ Руководство пользователя по установке и подготовке к работе программного симулятора Nostrum-SystemC – высокоуровневой модели сети на кристалле (СтнК) на языке SystemC/C++, для ОС Windows 10 и Ubuntu 20.10.
- ★ Описание структуры программного симулятора Nostrum-SystemC.
- ★ Модели рабочих нагрузок для изучения характеристик mesh-сетей и циркулянтных сетей.
- ★ Участие в ежегодной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов имени Е. В. Арменского.
- ★ Публикация в материалах межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов имени Е. В. Арменского.



# Программный симулятор Dec9

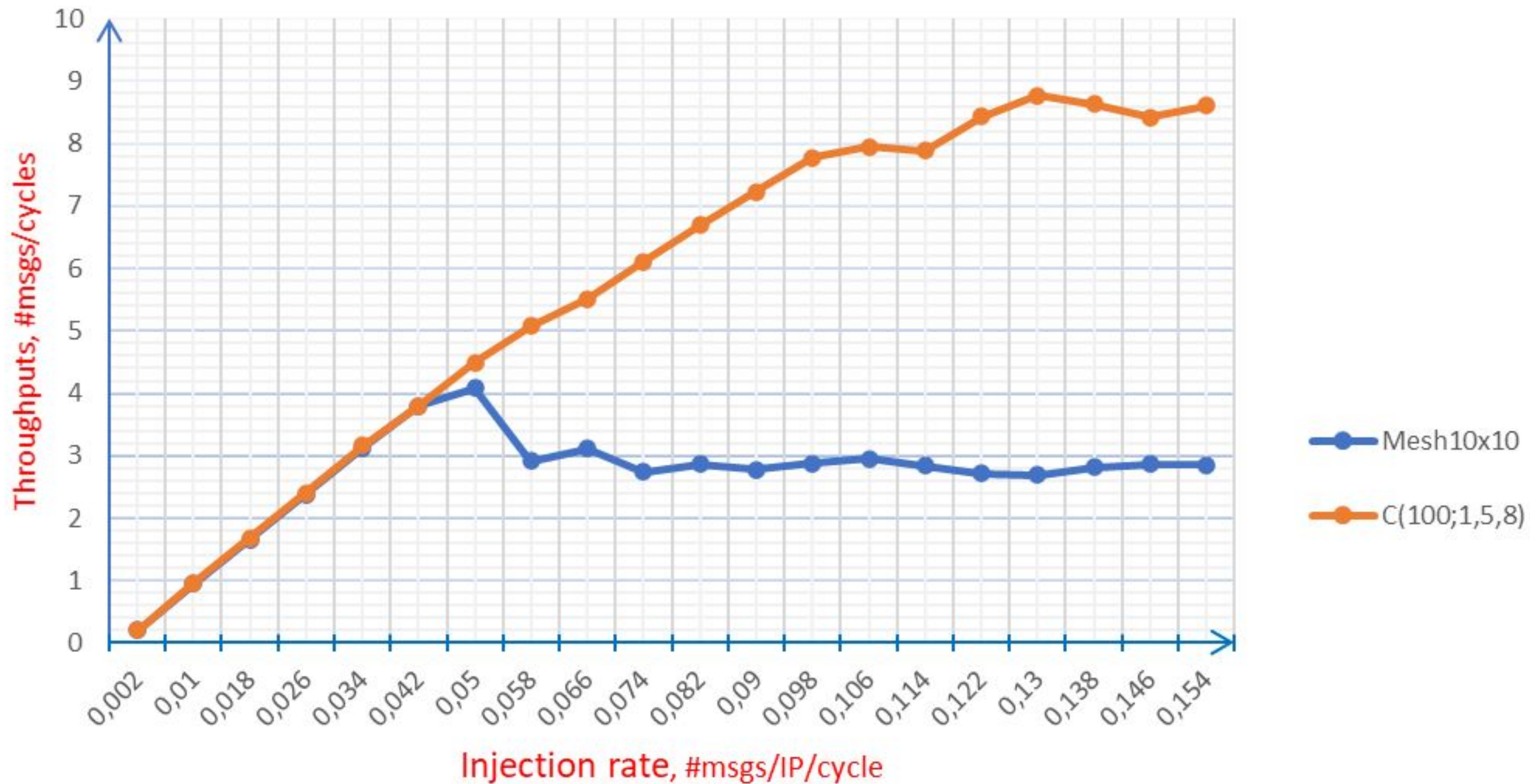


Структура среды моделирования



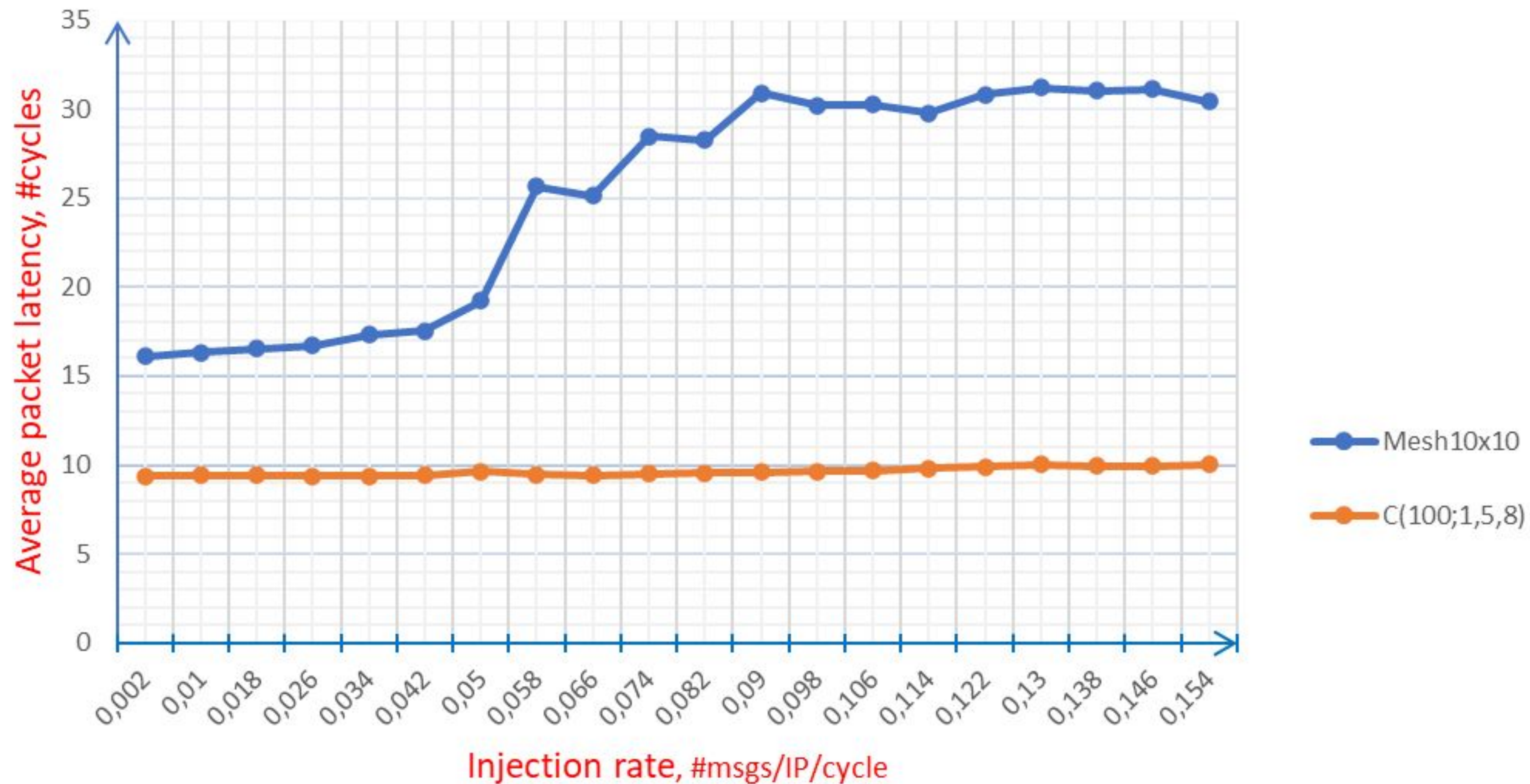
Модель IP

## Зависимость скорости приёма пакетов от скорости генерации





## Зависимость средней задержки пакетов от скорости генерации



# Результаты

- ★ Модификация симулятора DEC9 для моделирования циркулянтной топологии, mesh и ячеистой топологии (Net\_1).
- ★ ПО для подготовки конфигурационных файлов симулятора DEC9: *settings.xml*, *rsettings.xml*.
- ★ ПО для генерации наборов входных файлов с трафиком.
- ★ Участие в ежегодной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов имени Е. В. Арменского.
- ★ Публикация в материалах межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов имени Е. В. Арменского.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ