

Отчёт по проекту: Моделирование сетевых технологий с использованием мультиагентной системы

Студент: Ковалев С.А.

Группа: 2261-ДМ

2025

Содержание

1 Введение	2
2 Архитектура системы	2
3 Модель OSI и её реализация в системе	2
4 Реализация уровней сетевого стека	2
4.1 Канальный уровень (L2): Коммутация и MAC-адресация	2
4.2 Сетевой уровень (L3): IP-адресация и маршрутизация	3
4.2.1 IP-адресация и подсети	3
4.2.2 Маршрутизация	3
4.2.3 TTL (Time to Live)	4
5 Формат пакета и обоснование передаваемой информации	4
5.1 Структура пакета	4
5.2 Сериализация пакета	5
6 Визуализация и отладка	5
7 Интерфейс приложения	5
8 Заключение	6

1 Введение

Данный проект представляет собой мультиагентную систему (Multi-Agent System, MAS), реализованную на платформе JADE (Java Agent Development Framework), предназначенную для моделирования сетевых технологий. Система имитирует поведение реальных сетевых устройств: компьютеров (PC), коммутаторов (Switch) и маршрутизаторов (Router), а также передачу данных между ними.

Цель проекта — продемонстрировать работу сетевого стека на разных уровнях модели OSI, визуализировать маршрутизацию пакетов и отладить поведение устройств в условиях межсетевого взаимодействия.

2 Архитектура системы

Система состоит из следующих компонентов:

- **Агенты:** PCAgent, SwitchAgent, RouterAgent — моделируют поведение устройств.
- **Контейнеры JADE:** Каждая подсеть (subnet) — отдельный контейнер.
- **Конфигурация:** JSON-файл описывает топологию, IP-адреса и маршруты.
- **GUI:** Визуализация сети и анимация передачи пакетов.

3 Модель OSI и её реализация в системе

Ниже представлена таблица соответствия уровней модели OSI и реализованных в системе функций.

Таблица 1: Соответствие уровней модели OSI и функций агентов

Уровень	Название	Реализация	Компонент
7	Прикладной	Отправка/приём PING/PONG	PCAgent
6	Представления	—	—
5	Сеансовый	—	—
4	Транспортный	— (упрощён)	—
3	Сетевой	IP-адресация, маршрутизация, TTL	RouterAgent, PCAgent
2	Канальный	MAC-адресация, коммутация	SwitchAgent, DeviceAgent
1	Физический	Передача сообщений (JADE)	ACLMessages

4 Реализация уровней сетевого стека

4.1 Канальный уровень (L2): Коммутация и MAC-адресация

Коммутатор (SwitchAgent) работает на канальном уровне, обрабатывая пакеты по MAC-адресам. Каждый агент имеет уникальный MAC, генерируемый на основе имени:

```

1 private String generateMAC(String name) {
2     int hash = Math.abs(name.hashCode());
3     return String.format("%02X:%02X:%02X:%02X:%02X:%02X",
4             (hash >> 16) & 0xFF,
5             (hash >> 8) & 0xFF,
6             hash & 0xFF,
7             (hash >> 24) & 0xFF,
8             (hash >> 16) & 0xFF,
9             (hash >> 8) & 0xFF);
10 }

```

Листинг 1: Генерация MAC-адреса в DeviceAgent.java

Коммутатор поддерживает MAC-таблицу и пересыпает пакеты:

```

1 macTable.put(sender, "Port" + (macTable.size() + 1));

```

Листинг 2: Обновление MAC-таблицы в SwitchAgent.java

Это соответствует принципу **обучения коммутатора** в реальных сетях: при получении кадра устройство запоминает MAC-адрес источника и порт, через который он пришёл [1].

4.2 Сетевой уровень (L3): IP-адресация и маршрутизация

4.2.1 IP-адресация и подсети

Каждое устройство имеет IP-адрес и принадлежит к подсети (например, 192.168.1.0/24). Проверка принадлежности к сети реализована через маску:

```

1 private boolean isInNetwork(String ip, String network) {
2     String[] parts = network.split("/");
3     long ipLong = ipToLong(ip);
4     long netLong = ipToLong(parts[0]);
5     long mask = (0xFFFFFFFFL << (32 - Integer.parseInt(parts[1]))) &
6     0xFFFFFFFFL;
7     return (ipLong & mask) == (netLong & mask);

```

Листинг 3: Проверка принадлежности IP к сети

Алгоритм реализует побитовую маску — аналогично обработке маршрутов в реальных ОС и сетевых устройствах.

4.2.2 Маршрутизация

Маршрутизатор (RouterAgent) использует таблицу маршрутизации, загружаемую из конфигурации:

```

1 "routing": [
2     {
3         "from": "192.168.1.0/24",
4         "to": "192.168.2.0/24",
5         "nextHop": "Router2"
6     },
7     {
8         "from": "192.168.2.0/24",
9         "to": "192.168.1.0/24",

```

```

10     "nextHop": "Router1"
11 }
12 ]

```

Листинг 4: network-config.json: правила маршрутизации

Это соответствует статической маршрутизации, используемой в небольших сетях.

4.2.3 TTL (Time to Live)

Каждый маршрутизатор уменьшает TTL. При достижении 0 пакет отбрасывается:

```

1 packet.setTTL(packet.getTTL() - 1);
2 if (packet.getTTL() <= 0) {
3     System.out.println("TTL
4         ");
5 }

```

Листинг 5: Проверка TTL в RouterAgent.java

Поле TTL защищает сеть от зацикливания пакетов — критический механизм, описанный в RFC 791 [2].

5 Формат пакета и обоснование передаваемой информации

5.1 Структура пакета

Класс `PacketInfo` моделирует сетевой пакет. Ниже представлена таблица с полями и их назначением.

Таблица 2: Поля пакета и их сетевое назначение

Поле	Назначение и обоснование
<code>packetId</code>	Уникальный идентификатор. Позволяет коррелировать PING и PONG.
<code>sourceIP, destIP</code>	Адресация на L3. Используется для маршрутизации.
<code>sourceMAC, destMAC</code>	Зарезервированы для L2. Позволяют в будущем реализовать ARP.
<code>type</code>	Тип пакета (PING/PONG). Имитирует ICMP.
<code>protocol</code>	Указывает протокол (ICMP). Добавляет семантику.
<code>ttl</code>	Ограничивает число переходов. Защита от петель.
<code>currentHop</code>	Текущее устройство. Используется для логирования.
<code>path</code>	Полный маршрут. Критично для визуализации в GUI.

5.2 Сериализация пакета

Пакет передаётся как строка:

```
1 public String toMessageString() {  
2     return String.join(":", packetId, type, sourceIP, destIP, ...);  
3 }
```

Листинг 6: Сериализация в PacketInfo.java

Формат пакета PacketInfo

packetId	type	sourceIP	destIP	sourceMAC	destMAC	ttl	currentHop	path
0	1	2	3	4	5	6	7	8

Разделитель полей: :

Пример: P001:PING:192.168.1.10:192.168.2.10:...

Рис. 1: Структура сериализованного пакета

6 Визуализация и отладка

Графический интерфейс (NetworkGUI) позволяет:

- Выбирать источник и получателя для PING.
- Визуализировать маршрут прохождения пакета.
- Наблюдать за TTL, типом пакета и путём.

Анимация пакета реализована через таймер:

```
1 animationTimer = new Timer(500, e -> {  
2     if (animationStep < currentRoute.size() - 1) {  
3         animationStep++;  
4         repaint();  
5     }  
6 });
```

Листинг 7: Анимация пакета в NetworkPanel.java

7 Интерфейс приложения

Панель схемы сети:

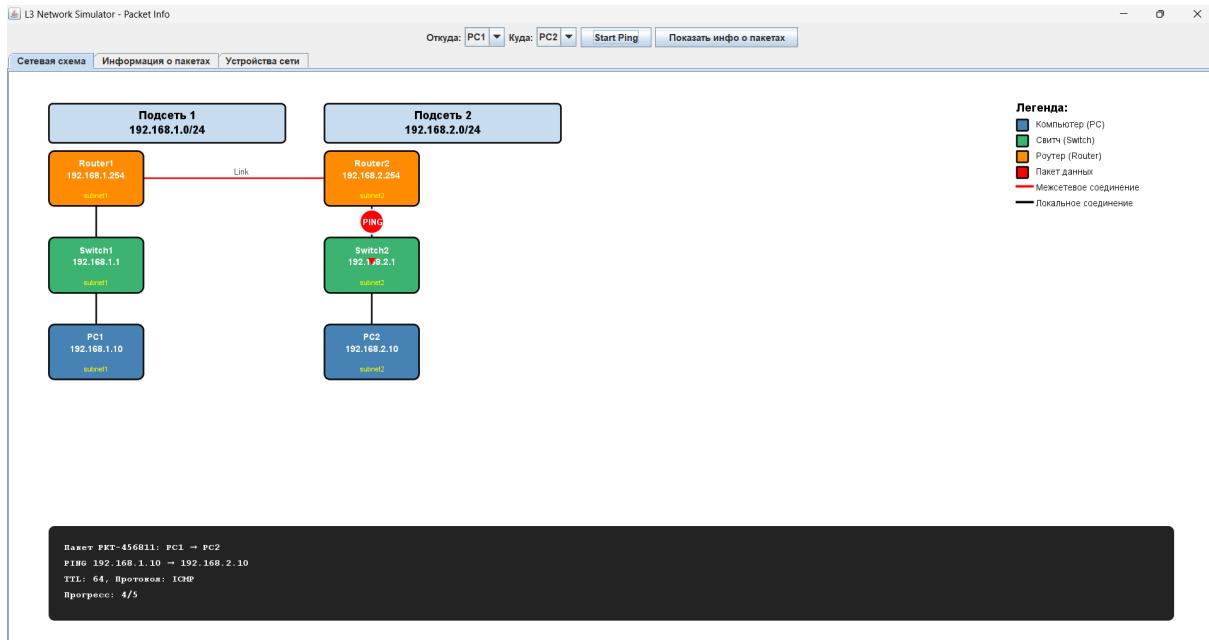


Рис. 2: Панель схемы сети

8 Заключение

Проект успешно моделирует ключевые принципы сетевых технологий:

- Работу L2 и L3 уровней модели OSI.
- Маршрутизацию между подсетями.
- Использование TTL, IP/MAC-адресации.
- Визуализацию сетевого трафика.

Система демонстрирует, как агентный подход может быть использован для моделирования сложных сетевых взаимодействий. В будущем возможна реализация ARP, DHCP, NAT и других протоколов.

Список литературы

- [1] Tanenbaum, A. S., *Computer Networks*, 5th ed. Prentice Hall, 2011.
- [2] Postel, J., *RFC 791: Internet Protocol*, DARPA, 1981.
- [3] Postel, J., *RFC 792: Internet Control Message Protocol*, DARPA, 1981.
- [4] Bellifemine, F., Caire, G., Greenwood, D., *Developing Multi-Agent Systems with JADE*. Wiley, 2007.