

# Обзор архитектур распределенных систем и локальных сетей

Подробный анализ технологий, протоколов и современных тенденций

---

Бельчуг Александр Константинович

7 апреля 2025 год

RUDN

Введение в распределенные системы и локальные сети

Подробный анализ архитектур распределенных систем

Детальное рассмотрение протоколов локальных сетей

Углубленный анализ проблем распределенных систем

Перспективные направления развития

Заключение и выводы

# Введение в распределенные системы и локальные сети

---

**Распределенная система** представляет собой комплекс автономных вычислительных узлов, которые взаимодействуют между собой посредством передачи сообщений. Для пользователя такая система выглядит как единое целое, несмотря на физическое распределение компонентов. Основные особенности: - Децентрализация управления - Параллельная обработка данных - Повышенная отказоустойчивость - Географическая распределенность

**Локальная сеть (LAN - Local Area Network)** - это сеть, ограниченная небольшой географической областью (здание, кампус). Характеристики: - Высокая скорость передачи данных (от 100 Мбит/с до 100 Гбит/с) - Низкий уровень задержек - Использование преимущественно проводных технологий - Централизованное управление в большинстве случаев

Современные сетевые архитектуры прошли значительный путь развития: 1. Мэйнфреймы (1960-е) 2. Первые локальные сети (1970-е) 3. Появление стандартов Ethernet (1980-е) 4. Развитие интернет-технологий (1990-е) 5. Облачные вычисления (2000-е) 6. Эра IoT и edge computing (2010-е)



## Подробный анализ архитектур распределенных систем

---

Современные облачные платформы предлагают три основные модели:

**IaaS (Infrastructure as a Service):** - Предоставление виртуальной инфраструктуры - Примеры: AWS EC2, Microsoft Azure VMs - Полный контроль над ОС и приложениями - Ответственность пользователя за безопасность данных

**PaaS (Platform as a Service):** - Готовая среда для разработки и развертывания - Примеры: Heroku, Google App Engine - Автоматическое масштабирование - Упрощенное управление инфраструктурой

**SaaS (Software as a Service):** - Готовые приложения через браузер - Примеры: Salesforce, Google Workspace - Минимальные требования к клиентскому оборудованию - Регулярные автоматические обновления



## Одноранговые сети (P2P): принципы работы

P2P-архитектура характеризуется следующими особенностями: - Отсутствие выделенных серверов - Все узлы равноправны (peers) - Самоорганизующаяся структура - Примеры применения: - Файлообменные сети (BitTorrent) - Криптовалюты (Blockchain) - Распределенные вычисления (SETI@home)

Преимущества: - Высокая отказоустойчивость - Масштабируемость - Экономия на инфраструктуре

Недостатки: - Сложность обеспечения безопасности - Проблемы с производительностью - Юридические риски



## Детальное рассмотрение протоколов локальных сетей

---

Версия	Год	Скорость	Особенности
Ethernet	1980	10 Мбит/с	Коаксиальный кабель
Fast Ethernet	1995	100 Мбит/с	Витая пара CAT5
Gigabit Ethernet	1999	1 Гбит/с	Полнодуплексный режим
10 GigE	2002	10 Гбит/с	Оптоволокно
Terabit Ethernet	2017	400 Гбит/с	ЦОД применение

**802.11ax (Wi-Fi 6):** - Поддержка OFDMA - Увеличение плотности подключений - Скорость до 9.6 Гбит/с - Улучшенная энергоэффективность

**802.11be (Wi-Fi 7)** (ожидается в 2024): - Каналы 320 МГц - Multi-Link Operation - Скорость до 46 Гбит/с - Снижение задержек



## Углубленный анализ проблем распределенных систем

---

Теорема CAP (Brewer's theorem) утверждает, что распределенная система может одновременно обеспечивать только два из трех свойств:

1. **Согласованность (Consistency)** - все узлы видят одни и те же данные в один момент времени
2. **Доступность (Availability)** - система всегда возвращает ответ на запрос
3. **Устойчивость к разделению (Partition tolerance)** - система продолжает работать при потере связи между узлами

Практические реализации: - **CA** системы: традиционные RDBMS (Oracle, MySQL) - **CP** системы: MongoDB, Redis - **AP** системы: Cassandra, DynamoDB



## 1. Репликация данных:

- Master-slave
- Multi-master
- Кворумные записи

## 2. Разделение на зоны доступности:

- Географическое распределение
- Независимые инфраструктуры

## 3. Circuit breakers:

- Автоматическое отключение нерабочих компонентов
- Паттерн “Bulkhead”

## 4. Мониторинг и самовосстановление:

- Health checks
- Автоматический перезапуск



## Перспективные направления развития

---

Переход от централизованной облачной модели к распределенной: - Обработка данных на границе сети - Уменьшение задержек - Снижение нагрузки на каналы связи - Примеры применения: - Автономные транспортные средства - Промышленный IoT - Умные города

Перспективные разработки: - Квантовая криптография - Запутанные фотоны для передачи данных - Квантовые повторители - Протоколы квантовой телепортации

Ожидаемые преимущества: - Абсолютная безопасность - Мгновенная передача информации  
- Новые парадигмы вычислений



## Заключение и выводы

---

1. Современные распределенные системы обеспечивают:

- Глобальную масштабируемость
- Высокую доступность
- Гибкость развертывания

2. Локальные сети эволюционируют в направлении:

- Повышения пропускной способности
- Уменьшения задержек
- Улучшения энергоэффективности

3. Основные технологические тренды:

- Гибридные облачные среды
- Распределенная обработка данных (Edge)
- Программно-определяемые сети



Для организаций, планирующих модернизацию: 1. Провести аудит существующей инфраструктуры 2. Определить критические требования (задержки, безопасность) 3. Рассмотреть гибридные архитектуры 4. Обучить персонал новым технологиям 5. Внедрить систему мониторинга и аналитики

