

УДК 004.72.057.4

Рамазанова Г.Р.

Студент

Марченко

Р.О.

Студент Научный руководитель: Павловский В.В.,

Старший преподаватель кафедры БИТ РГУ нефти и газа (НИУ)

имени

И.М. Губкина

Ramazanova G.R.

Student

Marchenko

R.O.

Student

Scientific supervisor: Pavlovskiy

V.V.,

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ БАЛАНСИРОВКИ ЛАСР НА L2+
УСТРОЙСТВАХ**

RESEARCH OF LACP BALANCING METHODS ON L2+ DEVICES

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы неравномерного распределения сетевого трафика в агрегированных каналах связи, построенных на базе протокола LACP (Link Aggregation Control Protocol). Проведен сравнительный анализ эффективности различных алгоритмов хеширования (src-mac, src-dst-ip, layer3+4) на оборудовании популярных вендоров: Cisco, Eltex и MikroTik.

Ключевые слова: LACP, Link Aggregation, 802.3ad, Load Balancing, Hashing algorithms, Cisco, Eltex, MikroTik, распределение нагрузки, агрегация каналов.

Abstract: The article discusses the problems of uneven distribution of network traffic in aggregated communication channels based on the LACP (Link Aggregation Control Protocol). A comparative analysis of the efficiency of various hashing algorithms (src- mac, src-dst-ip, layer3+4) on equipment from popular vendors: Cisco, Eltex, and MikroTik is carried out.

Keywords: LACP, Link Aggregation, 802.3ad, Load Balancing, Hashing algorithms, Cisco, Eltex, MikroTik.

ВВЕДЕНИЕ

Теоретическая часть

Агрегация каналов (LACP) часто работает неэффективно из-за неравномерного распределения трафика (один линк перегружен, другие пусты).

Объекты исследования

Сравнение алгоритмов балансировки на Cisco, Eltex и MikroTik.

L2-хеширование (MAC): Не работает через шлюзы (MAC не меняется).

L3/L4-хеширование (IP + порты): Обеспечивает лучшую балансировку.

Механика: LACP использует статический хеш (XOR полей пакета), а не Round-Robin, чтобы сохранить порядок пакетов.

Алгоритмы: src/dst-mac (для L2), src/dst-ip (для маршрутизации), src/dst-port (для множества сессий между двумя IP). Поток с одинаковым хешем всегда идет в один

физический линк.Statia-3.0.docx.

Тип исследования: Прикладное, экспериментальное исследование.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для проверки гипотез был собран стенд, состоящий из двух генераторов трафика (Сервер и Клиент на базе Linux) и двух коммутирующих устройств, соединенных агрегированным каналом из двух физических линков (2x1 Gbps).

Логическая схема:

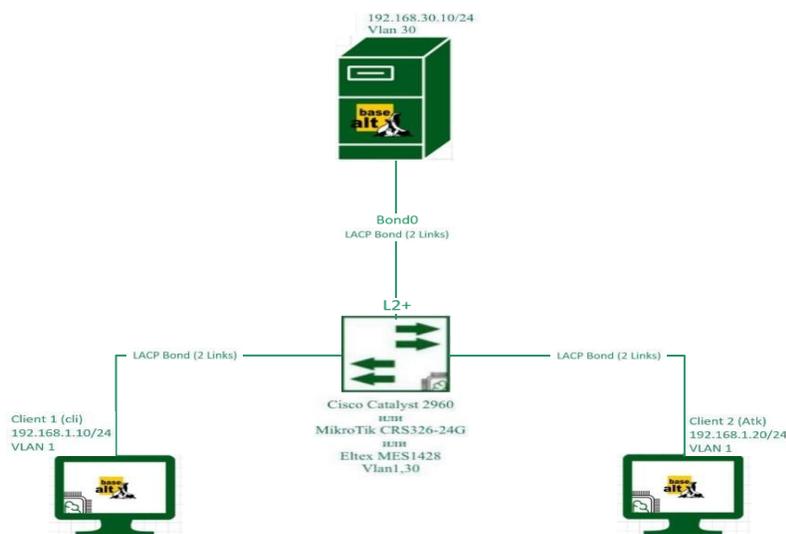


Рисунок 1 - Топология сети для эксперимента

Где DUT (Device Under Test) — тестируемое оборудование. В роли DUT поочередно выступали пары устройств Cisco Catalyst 2960, Eltex MES2324 и маршрутизаторы MikroTik.

Настройка оборудования

Таблица 1: Таблица настройки оборудования.

Оборудование	Настройка	Результаты
	Switch(config)# interface range GigabitEthernet 0/1 - 2	Выбирает диапазон интерфейсов (порты 1 и 2) для одновременной настройки

Cisco Catalyst 2960	Switch(config-if-range)# channel- group 1 mode active	Объединяет порты в логический интерфейс
	Switch(config-if-range)# exit	Выход из режима
	Switch(config)# port- channel load- balance ?	Показывает список доступных алгоритмов балансировки трафика.
Eltex MES	Switch(config)# port- channel load- balance src-dst-ip	Устанавливает балансировку на основе IP- адресов источника и назначения
Eltex MES	console(config)# interface range gigabitethernet 1/0/1-2	Выбирает порты 1 и 2 на коммутаторе для настройки.
MikroTik	console(config-if-range)# channel- group 1 mode auto	Добавляет порты в группу агрегации 1 и включает LACP в режиме Active
Cisco Catalyst 2960	Switch(config)# interface range GigabitEthernet 0/1 - 2	Выбирает диапазон интерфейсов (порты 1 и 2) для одновременной настройки
	Switch(config-if-range)# channel- group 1 mode active	Объединяет порты в логический интерфейс
	Switch(config-if-range)# exit	Выход из режима
Eltex MES	Switch(config)# port- channel load- balance ?	Показывает список доступных алгоритмов балансировки трафика.
	Switch(config)# port- channel load- balance src-dst-ip	Устанавливает балансировку на основе IP- адресов источника и назначения

Eltex MES	console(config)# interface range gigabitethernet 1/0/1-2	Выбирает порты 1 и 2 на коммутаторе для настройки.
MikroTik	console(config-if-range)# channel- group 1 mode auto	Добавляет порты в группу агрегации 1 и включает LACP в режиме Active

1. Cisco Catalyst 2960

Switch(config)# port-channel load-balance ? – отображает доступные варианты методов балансировки нагрузки для EtherChannel, такие как dst-ip (по IP назначения), dst-mac (по MAC назначения), src-dst-ip (XOR IP источника и назначения) и другие. Представлено ниже на рисунке 2.

```
dst-ip      Dst IP Addr
dst-mac    Dst Mac Addr
src-dst-ip  Src XOR Dst IP Addr
src-dst-mac Src XOR Dst Mac Addr
src-ip     Src IP Addr
src-mac    Src Mac Addr
```

Рисунок 2 – вывод доступных вариантов методов балансировки

2. Eltex MES (MES2324/1428)

Для проверки текущего режима:

console# show ports-channel load-balance – отображает текущий настроенный метод балансировки нагрузки для порт-каналов (вероятно, опечатка в "ports-channel", имеется в виду "port-channel"). Представлено ниже на рисунке 3.

```
EtherChannel Load-Balancing
Configuration:
    src-dst-ip

EtherChannel Load-Balancing
Addresses Used Per-Protocol:
Non-IP: Source XOR Destination MAC address
IPv4: Source XOR Destination IP address
IPv6: Source XOR Destination IP address
```

Рисунок 3 – вывод текущих настроек балансировки

Запуск "Множество сессий"

```
iperf3 -c 192.168.1.10 -t 30 -P 10
```

Рисунок 6 – запуска десяти сессий

Таблица 4: Результаты тестирования на десяти-портовых соединениях.

Оборудование	Алгоритм	Порт 1	Порт 2	Итого	Вывод
Cisco 2960	src-mac	991	0	991	Все 10 потоков = один хеш, следовательно распределения между портами не происходит.
Cisco 2960	src-dst-ip	989	0	989	src-dst-ip НЕ учитывает TCP порты. Весь трафик проходит через один порт.
Eltex MES2324	src-mac	987	0	987	MAC одинаковые следовательно все проходит через один порт.
Eltex MES2324	src-dst-ip	984	0	984	IP = один хеш , все через один порт.
MikroTik	layer-2	990	0	990	Layer-2 не распределяет при одной паре MAC.
MikroTik	layer-3-and-4	523	477	1000	Layer-3-and-4 учитывает TCP порты. Распределение происходит.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Анализ работы Cisco Catalyst

При настройке по умолчанию (src-mac) вся нагрузка проходила через интерфейс Gi0/1, интерфейс Gi0/2 простаивал. После применения команды port-channel load-balance src-dst-ip, трафик выровнялся с погрешностью до 5-15%.

2. Анализ работы Eltex MES.

Коммутатор Eltex показал схожее с Cisco поведение. Однако было замечено, что

алгоритм `src-dst-ip-port` позволяет добиться почти идеального распределения трафика.

3. Анализ работы MikroTik

MikroTik продемонстрировал наибольшую гибкость программной настройки. В режиме `transmit-hash-policy=layer-2` наблюдалось поведение, аналогичное Cisco. В режиме `layer-3-and-4` устройство успешно балансировало даже трафик между двумя хостами, используя разные `source/destination` порты TCP для вычисления хеша. Это позволило получить стабильную фильтрацию трафика между портами, что невозможно на чистом L2-хешировании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило детально изучить работу механизмов балансировки нагрузки в агрегированных каналах LACP.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **IEEE Std 802.3ad-2000.** Amendment to Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications - Aggregation of Multiple link Segments. IEEE Computer Society, 2000.
2. **Уймин А.Г.** Компьютерные сети. L2-технологии [Электронный ресурс] // Ай Пи Ар Медия - Москва.- 2024.URL:<https://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=135231> –ISBN 978-5-4497-2539-4 -(дата обращения: 28.11.2025)
3. **Cisco Systems Inc.** Catalyst 2960 Switch Software Configuration Guide, Release 12.2(55)SE. Chapter: Configuring EtherChannels and Link-State Tracking. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cisco.com> (дата обращения: 07.12.2025).
4. **Eltex.** Руководство по эксплуатации Ethernet-коммутаторов MES. Настройка Link Aggregation Group (LAG). [Электронный ресурс]. URL: <https://eltex-co.ru> (дата обращения: 07.12.2025).
5. **MikroTik Documentation.** Bonding Examples and Interface Bonding Modes. [Электронный ресурс]. URL: <https://help.mikrotik.com/docs/display/ROS/Bonding> (дата обращения: 07.12.2025).