

**УДК 004.451.26**

**Денисюк М.В.**

студент

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**Denisyuk M.V.**

student

Gubkin Russian State University (NRU) of Oil and Gas

**Бондарева Станислава Андреевна**

студент

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**Bondareva S.A.**

student

Gubkin Russian State University (NRU) of Oil and Gas

Russia, Moscow

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ БАЛАНСИРОВКИ LACP НА СЕТЕВОМ ОБОРУДОВАНИИ**

***Аннотация.** Данная статья предусмотрена для тех, кто хочет ознакомиться с таким понятием как агрегация каналов, а именно с протоколом LACP (Link Aggregation Control Protocol). Будет детально рассмотрен принцип работы LACP и его методы балансировки. В практической части будет представлена настройка LACP на коммутаторах Cisco и Eltex, а также продемонстрированы графики распределения трафика между каналами с использованием различных методов балансировки.*

*Ключевые слова: LACP, агрегирование, балансировка, коммутатор, канал.*

## RESEARCH OF LACP BALANCING METHODS ON NETWORK EQUIPMENT

*Abstract. This article is intended for those who want to familiarize themselves with the concept of channel aggregation, namely the LACP (Link Aggregation Control Protocol) protocol. This article will discuss in detail the principle of LACP operation and its balancing methods. The practical part will present the LACP setup on Cisco and Eltex switches, as well as demonstrate traffic distribution schedules between channels using various balancing methods.*

*Keywords: LACP, aggregation, balancing, switch, channel.*

### ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом растет значимость передачи данных по сети. Сейчас мы не сможем представить свою жизнь без Интернета и общения в социальных сетях. В связи с ростом трафика повышается загруженность сети, что может привести к перебоям работы Интернета, потери данных. Важно повысить пропускную способность сети и добиться надежной передачи данных. Решением этой проблемы становится технология агрегации каналов, которая позволяет объединять несколько физических портов в один логический канал между коммутаторами. Протоколом, позволяющий реализовать агрегацию, является LACP, описанный в стандарте IEEE 802.3ad.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

#### Основные понятия

Агрегирование каналов (link aggregation) – способ увеличения пропускной способности и достижение отказоустойчивости за счет объединения нескольких физических каналов связи в один логический в Ethernet сетях.

LACP (Link Aggregation Control Protocol) – протокол, стандартизированный в IEEE 802.3ad, который применяется для связывания нескольких физических соединений в одно логическое.

### **Конфигурация LACP**

Агрегирование каналов необходимо для того, чтобы представить несколько портов как один логический, называемый Port-channel. Сначала необходимо добавить все порты в одну Port-Group, чтобы порты являлись частью Port-channel. В дальнейшем управлять LACP можно только настраивая Port-channel, так как все порты теперь представлены в виде одного интерфейса.

### **Методы балансировки**

Как же устройство понимает на какой из портов агрегированного канала направить трафик и можно ли это как-то контролировать? При настройке LACP есть возможность выбрать один из методов балансировки, который за счет анализа различных параметров получает хэш-функцию. На основе хэш-значения будет выбран физический канал, с которого будут отправляться пакеты.

Таблица 1. Методы балансировки.

Название метода балансировки	Обозначение в коммутаторе Eltex	Обозначение в коммутаторе Cisco	Принцип распределения трафика
IP адрес	dest-ip	dst-ip	Трафик распределяется на основе

назначения			хэш-функции, вычисленной на основе IP адреса назначения.
MAC адрес назначения	dest-mac	dst-mac	Трафик распределяется на основе хэш-функции, вычисленной на основе MAC адреса назначения.
IP адрес источника и назначения	src-dest-ip	src-dst-ip	Трафик распределяется на основе хэш-функции, вычисленной на основе IP адреса источника и назначения.
MAC адрес источника и назначения	src-dest-mac	src-dst-mac	Трафик распределяется на основе хэш-функции, вычисленной на основе MAC адреса источника и назначения.
MAC и IP адрес источника и назначения	src-dest-mac-ip	-	Трафик распределяется на основе хэш-функции, вычисленной на основе MAC и IP адреса источника и назначения.
MAC, IP адрес и порт TCP/UDP источника и назначения	src-dest-mac-ip-port	-	Трафик распределяется на основе хэш-функции, вычисленной на основе MAC, IP адреса и порта TCP/UDP источника и назначения.
IP адрес источника	src-ip	src-ip	Трафик распределяется на основе хэш-функции, вычисленной на основе IP адреса источника.
MAC адрес источника	src-mac	src-mac	Трафик распределяется на основе хэш-функции, вычисленной на основе MAC адреса источника.

### Практическая часть

В нашем примере использовался однонаправленный трафик, поэтому мы настраивали разные методы балансировки на коммутаторе отправляющем пакеты.

Источником трафика являлся Ostinato, который позволяет создавать и настраивать пакеты с заданными параметрами (MAC-адреса, IP-адреса, порты). Также объем трафика, отправляемого с помощью Ostinato, составил 3000 бит/с для каждого коммутатора и метода балансировки. Это позволило точно определить, как различные методы балансировки влияют на распределение входящего трафика, в зависимости от его параметров и фиксированной нагрузки.

Сначала рассмотрим тот случай, когда коммутатор Eltex отправлял пакеты, а коммутатор Cisco принимал пакеты. Настроим разные методы балансировки на Eltex. Будем рассматривать графики принятых пакетов на Cisco, так как коммутатор Eltex принимал решение об отправлении пакетов через определенные каналы, а Cisco получал уже распределенные пакеты.

Теперь трафик будет проходить с коммутатора Cisco на Eltex. Будем менять методы балансировки на Cisco, а смотреть распределение пакетов на принимающей стороне, то есть на Eltex.

В итоге результаты работы методов балансировки можно свести к следующему виду (таблица 2):

Таблица 2

Метод балансировки	№ интерфейса	Пропускная способность на интерфейсах Eltex (bps)	Пропускная способность на интерфейсах Cisco (bps)	Примечания
IP адрес	1	1400	0	Трафик

назначения	2	40	1950	распределяется на одном-двух каналах
	3	35	0	
	4	0	1600	
MAC адрес назначения	1	280	100	Трафик распределяется на двух каналах
	2	35	1000	
	3	1400	0	
	4	0	1400	
IP адрес источника и назначения	1	1000	250	Трафик распределяется на трех каналах, но один из них более загружен, чем остальные
	2	750	400	
	3	800	0	
	4	0	2000	
MAC адрес источника и назначения	1	1200	1600	Равномерное распределение трафика на двух каналах
	2	100	1600	
	3	2050	0	
	4	0	500	
MAC и IP адрес источника и назначения	1	1045	-	Трафик проходит только по одному каналу
	2	450		
	3	400		
	4	0		
MAC, IP адрес и порт TCP/UDP источника и назначения	1	1000	-	Трафик равномерно распределяется на всех трех каналах (это лучший метод для Eltex)
	2	1800		
	3	1300		
	4	0		
IP адрес источника	1	300	1000	Для Eltex трафик проходит только через один канал, но является одним из наиболее подходящих для Cisco
	2	1800	1000	
	3	180	0	
	4	0	1500	

MAC адрес источника	1	1450	1000	Для Cisco показывает хорошие результаты
	2	0	600	
	3	1100	0	
	4	0	1500	

### **Вывод**

В результате исследования с двумя коммутаторами Eltex и Cisco, соединенными четырьмя каналами, которые были объединены в один логический с помощью LACP, было выявлено влияние различных методов балансировки на распределение трафика при однонаправленной передаче данных.

При настройке балансировки на Eltex наблюдалось различное распределение нагрузки по каналам в зависимости от выбранного метода: методы, основанные на MAC-адресах показывали более равномерное распределение трафика. Особенно эффективен оказался метод балансировки по MAC, IP-адресу и порту TCP/UDP источника и назначения, там трафик распределился сразу на трех портах, поэтому можно сказать, что этот метод оказался наиболее оптимальным для коммутатора Eltex.

Если рассматривать влияние распределения трафика на Cisco в зависимости от метода балансировки, то наиболее действенными оказались методы по MAC-адресу источника и IP-адресу источника.

А вообще, выбор оптимального метода балансировки LACP – задача, требующая индивидуального подхода. Эффективность каждого метода напрямую зависит от характеристик сетевого трафика, его источника и потребителей, а также от специфики конкретной сетевой среды.

## Список литературы

1. IEEE 802.3ad-2000. Link Aggregation. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://standards.ieee.org/ieee/802.3ad/1088/> (дата обращения: 06.05.2025).
2. Уймин, А. Г. Сетевое и системное администрирование. Демонстрационный экзамен КОД 1.1 : учебно-методическое пособие для СПО / А. Г. Уймин. – 3-е издание, стереотипное. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2022. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-9255-8. (дата обращения: 06.05.2025)
3. Основы компьютерных сетей. Тема №8. Протокол агрегирования каналов: Etherchannel | Хабр - [Электронный ресурс] - URL: <https://habr.com/ru/articles/334778/> (дата обращения: 06.05.2025)
4. 07. LACP и агрегация портов - Документация | NAG WIKI - [Электронный ресурс] - URL: <https://nag.wiki/pages/viewpage.action?pageId=25108332> (дата обращения: 07.05.2025)
5. Настройка протокола LACP на коммутаторах | Публикации - Элек.ру - [Электронный ресурс] - URL: <https://www.elec.ru/publications/tsifrovye-tehnologii-svjaz-izmerenija/8594/> (дата обращения: 07.05.2025)
6. Особенности балансировки трафика в агрегированных каналах (LAG) | Хабр - [Электронный ресурс] - URL: <https://habr.com/ru/companies/t2/articles/890868/> (дата обращения: 08.05.2025)
7. Настройка EtherChannel на Cisco | Wiki - [Электронный ресурс] - URL: <https://wiki.merionet.ru/articles/nastrojka-etherchannel-na-cisco> (дата обращения: 08.05.2025)

8. Агрегирование каналов | Xgu.ru - [Электронный ресурс] - URL:  
[http://xgu.ru/wiki/Агрегирование\\_каналов](http://xgu.ru/wiki/Агрегирование_каналов) (дата обращения:  
08.05.2025)