

# Балансировка нагрузки

Лукин Дмитрий, Ультратех, Лтд.

- Novel I 1994
- WISP 2.4ГГц 1999
- Routerboard-230 с FreeBSD 2003
- RouterOS с v2.8 2005
- WISP 5.6ГГц 2007
- MikroTik Certified Trainer 2009
- MTCNA, MTCRE, MTCWE, MTCTCE, MTCUME

# Что такое балансировка нагрузки (трафика)

- Процесс позволяющий использовать несколько подключений и пропорционально распределять трафик через все соединения.
- Балансировка необходима, когда требования к общей пропускной способности превышают возможности одного канала.
- Использование нескольких сетевых каналов с балансировкой нагрузки, могут повысить надежность связи, за счет резервирования.
- Распределение трафика производится между двумя или более сетевыми каналами в целях обеспечения максимальной пропускной способности и минимизации времени отклика.
- Такое распределение может быть симметричным или асимметричным в зависимости от возможности каналов связи.

# Возможные варианты балансировки

- Балансировка трафика при контроле соединения с двух сторон, решения в основном для LAN.
  - ECMP -Equal Cost Multi-Path- маршруты равной стоимости.
  - протоколы динамической маршрутизации - OSPF, BGP, EIGRP
  - Bonding - протокол объединения физических каналов
- Балансировка нагрузки при возможности контролировать соединения только с одной стороны WAN - Internet.
  - Маркировка трафика с помощью Firewall
  - Использование NTH
  - PCC (Per Connection Classifier)

## ECMP -Equal Cost Multi-Path - маршруты равной стоимости

- Позволяет установить несколько равноценных маршрутов для передачи данных, которые выбираются с равной вероятностью (алгоритм Round-robin). Маршруты распределяются по соединения, по паре адресов источник-получатель. Каждые 10 минут таблица маршрутизации обнуляется.
- Маршрут может быть как между двумя непосредственно подключенными друг к другу маршрутизаторами, так и проходить через несколько устройств в сети.
- В случае отказов переключение с неработающего маршрута на работающие происходит за доли секунды.

Address List

Find

Address	Network	Interface
10.0.0.2/30	10.0.0.0	WAN1
10.0.1.2/30	10.0.1.0	WAN2
192.168.88.222/24	192.168.88.0	ether5

Route <0.0.0.0/0>

General

Attributes

Dst. Address:

0.0.0.0/0

Gateway:

10.0.1.1

reachable WAN2

10.0.0.1

reachable WAN1

Check Gateway:

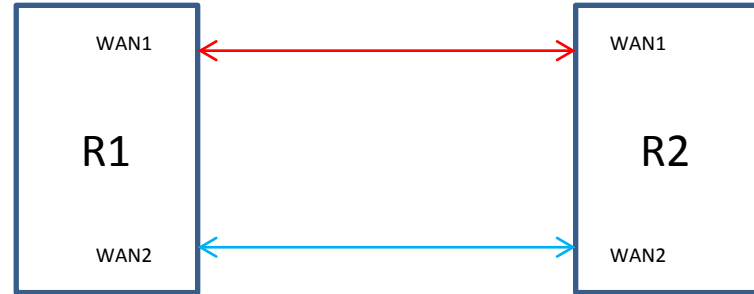
ping

Type:

unicast

Distance:

1



Address List

Address	Network	Interface
10.0.0.2/30	10.0.0.0	WAN1
10.0.1.2/30	10.0.1.0	WAN2
192.168.88.222/24	192.168.88.0	ether5

Route <0.0.0.0/0>

General Attributes

Dst. Address: 0.0.0.0/0

Gateway: 10.0.1.1 reachable WAN2

10.0.0.1 reachable WAN1

Check Gateway: ping

Type: unicast

Distance: 1

Route <0.0.0.0/0>

General Attributes

Dst. Address: 0.0.0.0/0

Gateway: 10.0.1.1 reachable WAN2

10.0.0.1 reachable WAN1

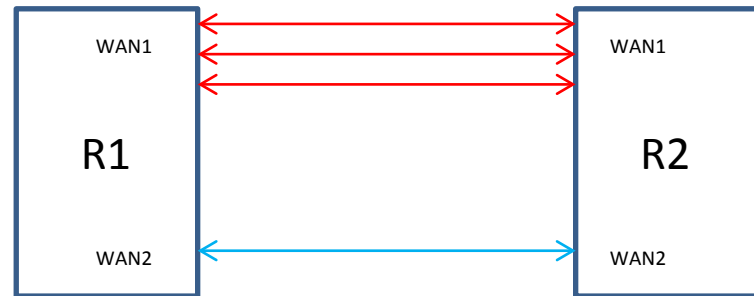
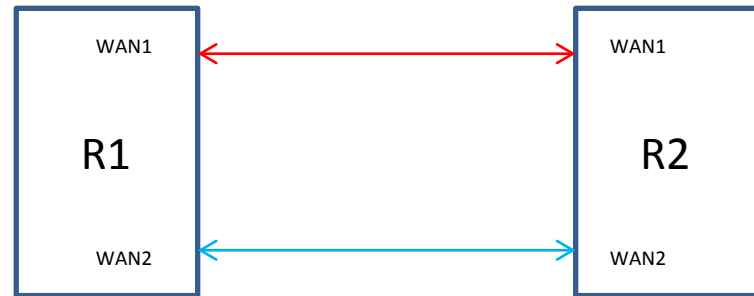
10.0.0.1 reachable WAN1

10.0.0.1 reachable WAN1

Check Gateway: ping

Type: unicast

Distance: 1



Суммарный трафик равен:  
 количество шлюзов  
 X  
 ширину самого слабого канала

# OSPF - протокол динамической маршрутизации

- Протокол OSPF (Open Shortest Path First - открытие кратчайшего пути) - это внутренний протокол, используемый для распространения данных маршрутизации внутри одной автономной системы.
- OSPF-ECMP - поддержка нескольких соединений с равными затратами в среде OSPF для повышения резервирования и пропускной способности соединений.
- Возможно использование разнонаправленных потоков данных.



admin@192.168.0.29 (MikroTik) - WinBox v5.21 on RB951-2n (mipsbe)

Safe Mode

Hide Passwords

RouterOS WinBox

Quick Set  
Interfaces  
Wireless  
Bridge  
PPP  
Switch  
Mesh  
IP  
MPLS  
Routing  
System  
Queues  
Files  
Log  
Radius  
Tools  
New Terminal  
MetaROUTER  
Make Supout.rif  
Manual  
Exit

Address List

Address	Network	Interface
10.0.0.1/30	10.0.0.0	WAN1
10.0.1.1/30	10.0.1.0	WAN2
192.168.0.29/...	192.168.0.0	Local

OSPF Network <10.0.1.0/30>

Network: 10.0.1.0/30 OK Cancel

Area: backbone

OSPF Network <10.0.0.0/30>

Network: 10.0.0.0/30 OK Cancel

Area: backbone

OSPF Instance <default>

General Metrics MPLS Status

Name: default

Router ID: 10.0.0.1

Redistribute Default Route: if installed (as type 1)

Redistribute Connected Routes: as type 1

Redistribute Static Routes: as type 1

Redistribute RIP Routes: no

Redistribute BGP Routes: no

Redistribute Other OSPF Routes: no

In Filter: ospf-in

Out Filter: ospf-out

enabled default

OSPF

Interfaces Instances Networks Areas Area Ranges Virtual Links Neighbors NBMA Neighbors

Interface	Cost	Priority	Network Type	Instance	Area	Neig...	State
WAN1	10	1	point to point	default	backbone	1	point to point
WAN2	10	1	point to point	default	backbone	1	point to point

Route List

Routes Nexthops Rules VRF

Routes	Nexthops	Rules	VRF
DAS	0.0.0.0/0	192.168.0.10 reachable Local	
DAC	10.0.0.0/30	WAN1 reachable	
DAC	10.0.1.0/30	WAN2 reachable	
DAC	192.168.0.0/26	Local reachable	
DAo	192.168.88.0/24	10.0.0.2 reachable WAN1, 10.0.1.2 reachable WAN2	

Distance Pref. Source

5 items

admin@192.168.88.222 (MikroTik) - WinBox v5.21 on RB751U-2HnD (mipsbe)

Safe Mode

Hide Passwords

RouterOS WinBox

Quick Set

Interfaces

Wireless

Bridge

PPP

Switch

Mesh

IP

MPLS

Routing

System

Queues

Files

Log

Radius

Tools

New Terminal

MetaROUTER

Make Supout.rtf

Manual

Exit

Address List

Address	Network	Interface
10.0.0.2/30	10.0.0.0	WAN1
10.0.1.2/30	10.0.1.0	WAN2
192.168.88.222/24	192.168.88.0	ether5

OSPF Network <10.0.1.0/30>

Network: 10.0.1.0/30

Area: backbone

OSPF Network <10.0.0.0/30>

Network: 10.0.0.0/30

Area: backbone

OSPF Instance <default>

General

Name: default

Router ID: 10.0.0.2

Redistribute Default Routes: never

Redistribute Connected Routes: as type 1

Redistribute Static Routes: as type 1

Redistribute RIP Routes: no

Redistribute BGP Routes: no

Redistribute Other OSPF Routes: no

In Filter: ospf-in

Out Filter: ospf-out

enabled

default

OSPF

Interfaces

Interface	Cost	Priority	Network Type	Instance	Area	Neig...	State
WAN1	10	1	point to point	default	backbone	1	point to point
WAN2	10	1	point to point	default	backbone	1	point to point

Route List

Routes

Dst. Address	Gateway	Distance	Pref. Source
DAo 0.0.0.0/0	10.0.0.1 reachable WAN1, 10.0.1.1 reachable WAN2	110	
DAC 10.0.0.0/30	WAN1 reachable	0	10.0.0.2
DAC 10.0.1.0/30	WAN2 reachable	0	10.0.1.2
DAo 192.168.0.0/26	10.0.0.1 reachable WAN1, 10.0.1.1 reachable WAN2	110	
DAC 192.168.88.0/24	ether5 reachable	0	192.168.88.222

5 items (1 selected)

admin@192.168.88.222 (MikroTik) - WinBox v5.21 on RB751U-2HnD (mipsbe)

Safe Mode

RouterOS WinBox

Quick Set

Interfaces

Wireless

Bridge

PPP

Switch

Mesh

IP

MPLS

Routing

System

Queues

Files

Log

Radius

Tools

New Terminal

MetaROUTER

Make Supout.rtf

Manual

Exit

Address List

Address	Network	Interface
10.0.0.2/30	10.0.0.0	WAN1
10.0.1.2/30	10.0.1.0	WAN2
192.168.88.222/24	192.168.88.0	ether5

OSPF Network <10.0.1.0/30>

Network: 10.0.1.0/30 OK

Area: backbone

OSPF Network <10.0.0.0/30>

Network: 10.0.0.0/30 OK

Area: backbone

OSPF Instance <default>

General Metrics MPLS Status

Name: default

Router ID: 10.0.0.2

Redistribute Default Routes: never

Redistribute Connected Routes: as type 1

Redistribute Static Routes: as type 1

Redistribute RIP Routes: no

Redistribute BGP Routes: no

Redistribute Other OSPF Routes: no

In Filter: ospf-in

Out Filter: ospf-out

enabled default

OSPF

Interfaces Instances Networks Areas Area Ranges Virtual Links Neighbors NBMA Neighbors

Interface	Cost	Priority	Network Type	Instance	Area	Neig...	State
WAN1	10	1	point to point	default	backbone	1	point to point
WAN2	10	1	point to point	default	backbone	1	point to point

OSPF-ECMP

5 items (1 selected)



OSPF

Interfaces Instances Networks Areas Area Ranges Virtual Links Neighbors

+

−

✓

✗

⌵

**R1**

Interface	Cost	Priority	Network Type	Instance	Area
WAN1	100	1	point to point	default	backbone
WAN2	10	1	point to point	default	backbone

OSPF

Interfaces Instances Networks Areas Area Ranges Virtual Links Neighbors NBMA Neighbors ...

+

−

✓

✗

⌵

**R2**

Find

Interface	Cost	Priority	Network Type	Instance	Area	Neig...	State
WAN1	10	1	point to point	default	backbone	1	point to point
WAN2	100	1	point to point	default	backbone	1	point to point

Route List

Routes Nexthops Rules VRF

+

−

✓

✗

⌵

**R1**

Find

all

	Dst. Address	Gateway	Distance	Pref.	Source
DAS	0.0.0.0/0	192.168.0.10 reachable Local	1		
DAC	10.0.0.0/30	WAN1 reachable	0	10.0.0.1	
Do	10.0.0.0/30	10.0.1.2 reachable WAN2	110		
DAC	10.0.1.0/30	WAN2 reachable	0	10.0.1.1	
DAo	10.100.100.1	10.0.1.2 reachable WAN2	110		
DAC	192.168.0.0/26	Local reachable	0	192.168.0.29	
DAo	192.168.88.0/24	10.0.1.2 reachable WAN2	110		

Route List

Routes Nexthops Rules VRF

+

−

✓

✗

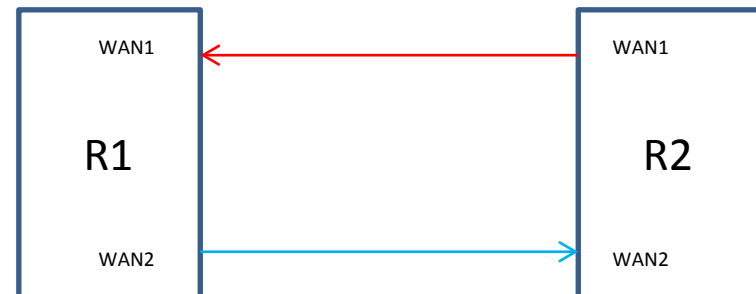
⌵

**R2**

Find

	Dst. Address	Gateway	Distance	P
DAo	0.0.0.0/0	10.0.0.1 reachable WAN1	110	
DAC	10.0.0.0/30	WAN1 reachable	0	10.0.0.1
DAC	10.0.1.0/30	WAN2 reachable	0	10.0.1.1
Do	10.0.1.0/30	10.0.0.1 reachable WAN1	110	
DAC	10.100.100.1	bridge1 reachable	0	10.100.100.1
DAo	192.168.0.0/26	10.0.0.1 reachable WAN1	110	
DAC	192.168.88.0/24	ether5 reachable	0	192.168.88.0/24

## Асимметричные каналы



# Bonding -протокол объединяющий несколько физических Ethernet каналов в один логический

- Объединенные каналы используются как для повышения пропускной способности, так и для повышения отказоустойчивости.
  - Balance-802.3ad стандартный вариант IEEE 802.3ad LACP (Link Aggregation Control Protocol) баланс с использованием хеша - transmit-hash-policy=layer-2-and-3
  - Balance-RR - способ использует алгоритм Round-Robin - пакеты передаются в последовательном порядке с первого доступного канала до последнего.
  - Balance-XOR - вариант протокола LACP - баланс исходящего трафика через активные порты на основе хеша использует не стандартный hash-policy=layer-3-and-4

Safe Mode

Date: Dec/03/2012 Time: 18:02:58 Uptime: 5d 23:25:13 Memory: 40.8 MiB CPU: 35% ☒ Hide Passwords

Interfaces

Bridge

PPP

Switch

Mesh

IP ▾

MPLS ▾

Routing ▾

System ▾

Queues

Files

Log

Radius

Tools ▾

New Terminal

MetaROUTER

Make Supout.rif

Manual

Exit

Interface <vlanM55>

General Traffic

Tx/Rx Rate: 6.6 Mbps / 418.9 kbps

Tx/Rx Packet Rate: 778 p/s / 298 p/s

Tx/Rx Bytes: 184.5 GiB / 36.3 GiB

Interface <vlanM2>

General Traffic

Tx/Rx Rate: 14.2 Mbps / 4.9 Mbps

Tx/Rx Packet Rate: 1 617 p/s / 1 821 p/s

Tx/Rx Bytes: 841.2 GiB / 128.9 GiB

Interface <vlanM5>

General Traffic

Tx/Rx Rate: 8.3 Mbps / 1623.1 kbps

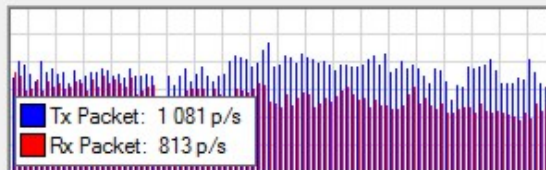
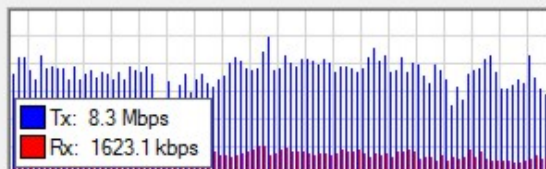
Tx/Rx Packet Rate: 1 081 p/s / 813 p/s

Tx/Rx Bytes: 385.7 GiB / 69.9 GiB

Tx/Rx Packets: 377 500 469 / 301 694 500

Tx/Rx Drops: 0 / 0

Tx/Rx Errors: 0 / 0



enabled

running

slave

Interface <bonding1>

General Bonding Traffic

Slaves: vlanM2

vlanM5

vlanM55

Mode: balance xor

Primary: none

Link Monitoring: arp

Transmit Hash Policy: layer 3 and 4

Down Delay: 0 ms

Up Delay: 0 ms

LACP Rate: 30 s

ARP Interval: 100 ms

ARP IP Targets: 10.150.115.254

10.150.115.62

10.150.115.54

enabled

running

slave

Safe Mode

Date: Dec/03/2012 Time: 11:33:56 Uptime: 5d 16:56:11 Memory: 41.6 MiB CPU: 40% ☒ Hide Passwords

Interfaces

Bridge

PPP

Switch

Mesh

IP ▾

MPLS ▾

Routing ▾

System ▾

Queues

Files

Log

Radius

Tools ▾

New Terminal

MetaROUTER

Make Supout.rif

Manual

Exit

Interface &lt;vlanM55&gt;

General

Traffic

OK

Tx/Rx Rate: 6.9 Mbps / 1271.6 kbps

Cancel

Tx/Rx Packet Rate: 796 p/s / 632 p/s

Apply

Tx/Rx Bytes: 169.5 GiB / 33.2 GiB

Disable

Interface &lt;vlanM2&gt;

General

Traffic

OK

Tx/Rx Rate: 26.7 Mbps / 1974.9 kbps

Cancel

Tx/Rx Packet Rate: 2 761 p/s / 1 575 p/s

Apply

Tx/Rx Bytes: 793.6 GiB / 116.0 GiB

Disable

Interface &lt;vlanM5&gt;

General

Traffic

OK

Tx/Rx Rate: 11.7 Mbps / 751.7 kbps

Cancel

Tx/Rx Packet Rate: 1 190 p/s / 407 p/s

Apply

Tx/Rx Bytes: 358.1 GiB / 64.4 GiB

Disable

Tx/Rx Packets: 350 357 069 / 278 834 218

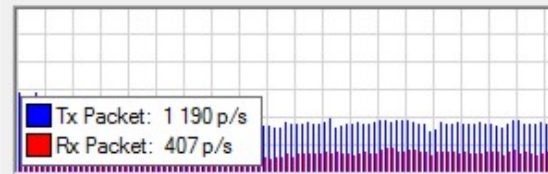
Comment

Tx/Rx Drops: 0 / 0

Copy

Tx/Rx Errors: 0 / 0

Remove



enabled

running

slave

Interface &lt;bonding1&gt;

General

Bonding

Traffic

OK

Tx/Rx Rate: 46.2 Mbps / 4.2 Mbps

Cancel

Tx/Rx Packet Rate: 4 839 p/s / 2 812 p/s

Apply

Tx/Rx Bytes: 1348.3 GiB / 235.1 GiB

Disable

Tx/Rx Packets: 4405 751 991 / 3341 890 418

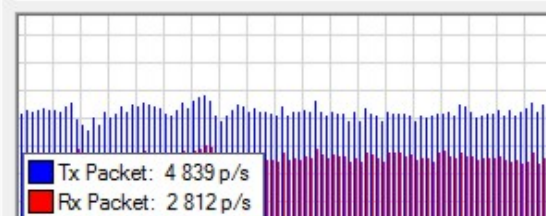
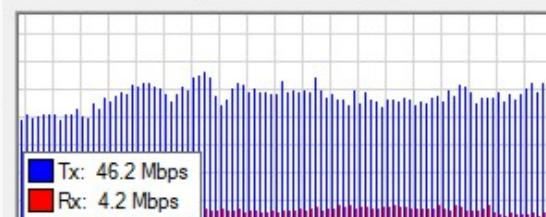
Comment

Tx/Rx Drops: 0 / 0

Copy

Tx/Rx Errors: 0 / 0

Remove



enabled

running

slave



Firewall marking - решения на базе одного или нескольких правил с добавлением скриптов или политики маршрутизации, чтобы сделать выбор более интеллектуальным

- Policy routing - политика маршрутизации позволяет создавать отдельные правила для различного трафика путем создания пользовательских таблиц маршрутизации
- Для создания таблицы маршрутизации используются правила `/ip route rule` и `routing-mark` в `/firewall mangle`
- Для настройки балансировки могут быть использованы клиентские IP адреса, сети (address list) или тип трафика (p2p, layer-7, protocol, port)



# Firewall marking

## # Назначение адресов

/ip address

add address=192.168.0.1/24 interface=Local

add address=10.0.0.2/24 interface=WAN1

add address=10.0.1.2/24 interface=WAN2

## # Маскарад по out-interface

/ip firewall nat

add action=masquerade chain=srcnat out-interface=WAN1

add action=masquerade chain=srcnat out-interface=WAN2

## # Таблица маршрутизации, с проверкой шлюзов

/ip route

add check-gateway=ping distance=1 gateway=10.0.0.1 routing-mark=odd

add check-gateway=ping distance=1 gateway=10.0.1.1 routing-mark=even

add check-gateway=ping distance=2 gateway=10.0.1.1

add check-gateway=ping distance=3 gateway=10.0.0.1

# Firewall marking

```
/ip firewall address-list
```

```
# Создание адресных листов
```

```
add address=192.168.0.2-192.168.0.10 list=odd
```

```
add address=192.168.0.22 list=odd
```

```
add address=192.168.0.128/25 list=even
```

```
add address=192.168.0.64/26 list=even
```

```
# Если адреса в списке even, то присваивается routing-mark - even
```

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-state=new in-interface=Local \  
    src-address-list=even new-connection-mark=even
```

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=even in-interface=Local \  
    new-routing-mark=even passthrough=no
```

```
# Если адреса в списке odd, то присваивается routing-mark - odd
```

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-state=new in-interface=Local \  
    src-address-list=odd new-connection-mark=odd
```

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=odd in-interface=Local \  
    new-routing-mark=odd passthrough=no
```

```
# Все остальные адреса попадают не маркированными по правилам
```

```
#add check-gateway=ping distance=2 gateway=10.0.1.1
```

```
#add check-gateway=ping distance=3 gateway=10.0.0.1
```

# Балансировка с использованием NTH

## # Назначение адресов

```
/ip address  
add address=192.168.0.1/24 interface=Local  
add address=10.0.0.2/24 interface=WAN1  
add address=10.0.1.2/24 interface=WAN2
```

## # Маскарад по out-interface

```
/ip firewall nat  
add action=masquerade chain=srcnat out-interface=WAN1  
add action=masquerade chain=srcnat out-interface=WAN2
```

## # Таблица маршрутизации, с проверкой шлюзов

```
/ip route  
add check-gateway=ping distance=1 gateway=10.0.0.1 routing-mark=odd  
add check-gateway=ping distance=1 gateway=10.0.1.1 routing-mark=even  
add check-gateway=ping distance=2 gateway=10.0.1.1  
add check-gateway=ping distance=3 gateway=10.0.0.1
```

# Балансировка с использованием NTH

```
/ip firewall mangle
```

```
# Если адрес есть в адресном листе, то трафик маркируется как odd или even
```

```
add action=mark-connection chain=prerouting in-interface=Local new-connection-mark=odd \
    src-address-list=odd
```

```
add action=mark-routing chain=prerouting in-interface=Local new-routing-mark=odd \
    passthrough=no src-address-list=odd
```

```
add action=mark-connection chain=prerouting in-interface=Local new-connection-mark=even \
    src-address-list=even
```

```
add action=mark-routing chain=prerouting in-interface=Local new-routing-mark=even \
    passthrough=no src-address-list=even
```

```
# Если адреса нет, то каждый первый маркируется odd и заносится в адрес лист
```

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-state=new in-interface=Local \
    src-address-list=!even new-connection-mark=odd nth=2,1
```

```
add action=add-src-to-address-list address-list=odd address-list-timeout=1h chain=prerouting \
    connection-mark=odd in-interface=Local
```

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=odd in-interface=Local \
    new-routing-mark=odd passthrough=no
```

```
# Если адреса нет, то каждый второй маркируется even и заносится в адрес лист
```

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-state=new in-interface=Local \
    src-address-list=!odd new-connection-mark=even nth=2,2
```

```
add action=add-src-to-address-list address-list=even address-list-timeout=1h chain=\
    prerouting connection-mark=even in-interface=Local
```

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=even in-interface=Local \
    new-routing-mark=even passthrough=no
```

# PCC-Per Connection Classifier

## Классификация по соединениям

- Балансировка производится следующим образом:
  - Каждый IP-пакеты имеют заголовок, в котором есть два поля с Адрес:Порт источника и Адрес:Порт назначения. С помощью алгоритма хеширования данные из выбранных полей преобразуется в уникальное 32-битное значение.
  - Использование данных хеширования позволяет отсортировать трафик на основе адреса источника, порта источника, адреса назначения, порта назначения или их различной комбинации.
  - С помощью маркировки соединений и пакетов формируются правила роутинга, которые направляют потоки данных в соответствии с таблицей маршрутизации по указанному интерфейсу.

# PCC-Per Connection Classifier

## # Назначение адресов

/ip address

add address=192.168.0.1/24 interface=Local

add address=10.0.0.2/24 interface=WAN1

add address=10.0.1.2/24 interface=WAN2

## # Маскарад по out-interface

/ip firewall nat

add action=masquerade chain=srcnat out-interface=WAN1

add action=masquerade chain=srcnat out-interface=WAN2

## # Таблица маршрутизации, с проверкой шлюзов

/ip route

add check-gateway=ping distance=1 gateway=10.0.0.1 routing-mark=odd

add check-gateway=ping distance=1 gateway=10.0.1.1 routing-mark=even

add check-gateway=ping distance=2 gateway=10.0.1.1

add check-gateway=ping distance=3 gateway=10.0.0.1

# PCC-Per Connection Classifier

/ip firewall mangle

**# Маркировка входящего трафика**

```
add chain=prerouting in-interface=WAN1 connection-mark=no-mark action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN1_conn
```

```
add chain=prerouting in-interface=WAN2 connection-mark=no-mark action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN2_conn
```

# PCC-Per Connection Classifier

```
/ip firewall mangle
```

## # Маркировка входящего трафика

```
add chain=prerouting in-interface=WAN1 connection-mark=no-mark action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN1_conn
```

```
add chain=prerouting in-interface=WAN2 connection-mark=no-mark action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN2_conn
```

## # Маркировка исходящих соединений по PCC - both-addresses 2/0

```
add chain=prerouting in-interface=LAN connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \
    per-connection-classifier=both-addresses:2/0 action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN1_conn
```

## # Маркировка исходящих соединений по PCC - both-addresses 2/1

```
add chain=prerouting in-interface=LAN connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \
    per-connection-classifier=both-addresses:2/1 action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN2_conn
```



# PCC-Per Connection Classifier

```
/ip firewall mangle
```

## # Маркировка входящего трафика

```
add chain=prerouting in-interface=WAN1 connection-mark=no-mark action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN1_conn
add chain=prerouting in-interface=WAN2 connection-mark=no-mark action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN2_conn
```

## # Маркировка исходящих соединений по PCC - both-addresses 2/0

```
add chain=prerouting in-interface=LAN connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \
    per-connection-classifier=both-addresses:2/0 action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN1_conn
```

## # Маркировка исходящих соединений по PCC - both-addresses 2/1

```
add chain=prerouting in-interface=LAN connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \
    per-connection-classifier=both-addresses:2/1 action=mark-connection \
    new-connection-mark=WAN2_conn
```

## # На основании маркировки соединений - помечаем маршруты

```
add chain=prerouting connection-mark=WAN1_conn in-interface=LAN action=mark-routing \
    new-routing-mark=to_WAN1
add chain=prerouting connection-mark=WAN2_conn in-interface=LAN action=mark-routing \
    new-routing-mark=to_WAN2
add chain=output connection-mark=WAN1_conn action=mark-routing \
    new-routing-mark=to_WAN1
add chain=output connection-mark=WAN2_conn action=mark-routing \
    new-routing-mark=to_WAN2
```

# PCC-Per Connection Classifier

# Вариант сортировки с использованием трех шлюзов и разделением TCP и ALL

# Назначение адресов

```
/ip address  
add address=192.168.0.1/24 interface=Local  
add address=10.0.0.2/24 interface=WAN1  
add address=10.0.1.2/24 interface=WAN2  
add address=10.0.2.2/24 interface=WAN3
```

# Маскарад по out-interface

```
/ip firewall nat  
add action=masquerade chain=srcnat out-interface=WAN1  
add action=masquerade chain=srcnat out-interface=WAN2  
add action=masquerade chain=srcnat out-interface=WAN3
```

# Таблица маршрутизации, с проверкой шлюзов

```
/ip route  
add check-gateway=ping distance=1 gateway=10.0.0.1 routing-mark=to_WAN1  
add check-gateway=ping distance=1 gateway=10.0.1.1 routing-mark=to_WAN2  
add check-gateway=ping distance=1 gateway=10.0.2.1 routing-mark=to_WAN3  
add check-gateway=ping distance=2 gateway=10.0.2.1  
add check-gateway=ping distance=3 gateway=10.0.1.1  
add check-gateway=ping distance=4 gateway=10.0.0.1
```

# PCC-Per Connection Classifier

/ip firewall mangle

**# Маркировка входящего трафика из мира**

add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark in-interface=WAN1 \  
new-connection-mark=WAN1\_conn

add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark in-interface=WAN2 \  
new-connection-mark=WAN2\_conn

add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark in-interface=WAN3 \  
new-connection-mark=WAN3\_conn

# PCC-Per Connection Classifier

```
/ip firewall mangle
```

## # Маркировка входящего трафика из мира

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark in-interface=WAN1 \  
    new-connection-mark=WAN1_conn  
add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark in-interface=WAN2 \  
    new-connection-mark=WAN2_conn  
add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark in-interface=WAN3 \  
    new-connection-mark=WAN3_conn
```

## # Маркировка исходящих соединений TCP по PCC - src-address 3/0

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \  
    in-interface=Local new-connection-mark=WAN1_conn_TCP per-connection-classifier=src-address:3/0 \  
    protocol=tcp
```

## # Маркировка исходящих соединений TCP по PCC - src-address 3/1

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \  
    in-interface=Local new-connection-mark=WAN2_conn_TCP per-connection-classifier=src-address:3/1 \  
    protocol=tcp
```

## # Маркировка исходящих соединений TCP по PCC - src-address 3/1

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \  
    in-interface=Local new-connection-mark=WAN3_conn_TCP per-connection-classifier=src-address:3/2 \  
    protocol=tcp
```

# PCC-Per Connection Classifier

# На основании маркировки соединений - помечаем маршруты для TCP

# После выполнения правила - passthrough=no

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN1_conn_TCP in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN1 passthrough=no
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN2_conn_TCP in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN2 passthrough=no
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN3_conn_TCP in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN3 passthrough=no
```

# PCC-Per Connection Classifier

# На основании маркировки соединений - помечаем маршруты для TCP

# После выполнения правила - passthrough=no

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN1_conn_TCP in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN1 passthrough=no
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN2_conn_TCP in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN2 passthrough=no
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN3_conn_TCP in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN3 passthrough=no
```

# Маркировка исходящих соединений ALL по PCC - src-address 3/0

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \
    in-interface=Local new-connection-mark=WAN1_conn \
    per-connection-classifier=both-addresses-and-ports:3/0
```

# Маркировка исходящих соединений ALL по PCC - src-address 3/1

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \
    in-interface=Local new-connection-mark=WAN2_conn \
    per-connection-classifier=both-addresses-and-ports:3/1
```

# Маркировка исходящих соединений ALL по PCC - src-address 3/1

```
add action=mark-connection chain=prerouting connection-mark=no-mark dst-address-type=!local \
    in-interface=Local new-connection-mark=WAN3_conn \
    per-connection-classifier=both-addresses-and-ports:3/2
```

# PCC-Per Connection Classifier

# На основании маркировки соединений - помечаем маршруты для ALL

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN1_conn in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN1
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN2_conn in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN2
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN3_conn in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN3
```

# PCC-Per Connection Classifier

# На основании маркировки соединений - помечаем маршруты для ALL

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN1_conn in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN1
```

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN2_conn in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN2
```

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=WAN3_conn in-interface=Local \
    new-routing-mark=to_WAN3
```

# На основании маркировки соединений - помечаем маршруты

# для исходящего от роутера трафика

```
add action=mark-routing chain=output connection-mark=WAN1_conn new-routing-mark=to_WAN1
```

```
add action=mark-routing chain=output connection-mark=WAN2_conn new-routing-mark=to_WAN2
```

```
add action=mark-routing chain=output connection-mark=WAN3_conn new-routing-mark=to_WAN3
```