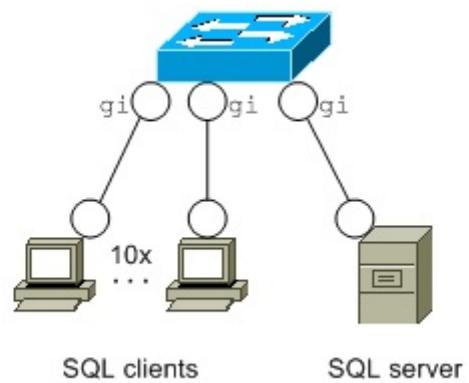


4.5

АГРЕГАЦИЯ КАНАЛОВ

Версия 2.10

4.5.1.1



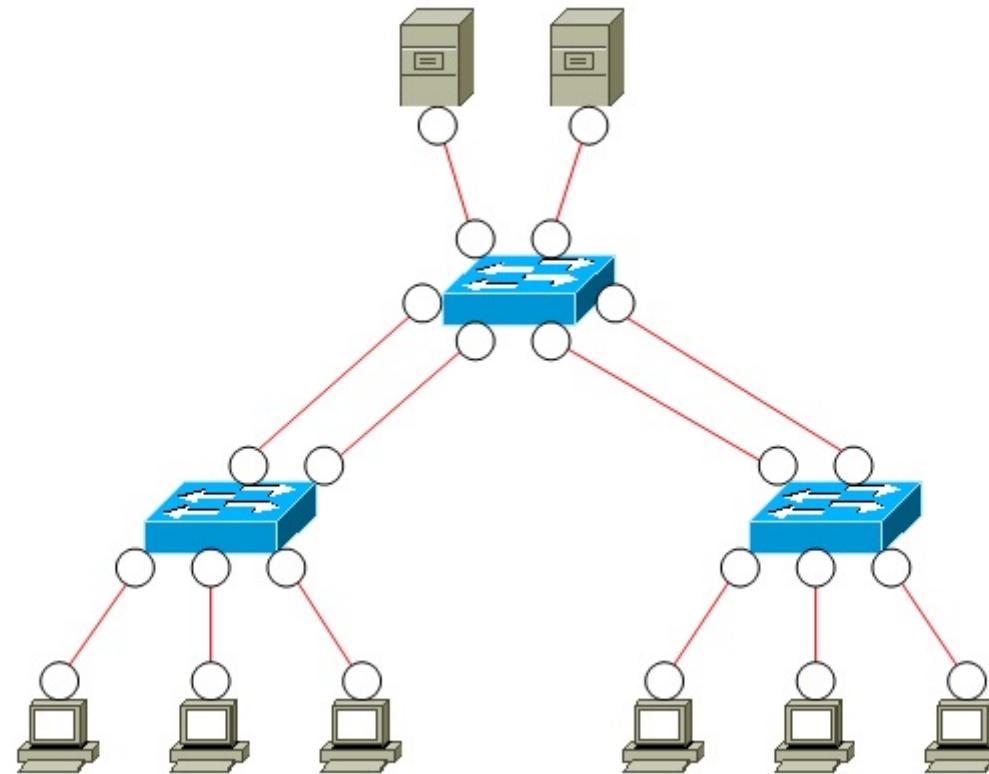
Что является основным недостатком данной функциональной схемы?

4.5.1.2

Часто с целями повышения производительности (load balancing) и попутного обеспечения надежности (fault tolerance) применяют технологии под общим названием Link Aggregation или Port Trunking, то есть технологии агрегирования каналов или портов.

Применительно к сетевым адаптерам их обычно называют NIC Teaming или NIC Bonding.

4.5.1.3



Пример СПД с агрегированием

4.5.1.4

Суть заключается в формировании из нескольких «параллельных» физических каналов одного логического аппаратного канала -- *транка* (trunk не в терминологии Cisco), что открывает возможности более гибкого распределении ресурсов задействованных каналов.

С точки зрения STP, транк рассматривается как единая сущность.

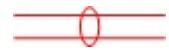
4.5.1.5

Часто при резервировании выделяется так называемый *связующий канал* (primary link). Переход к резервным каналам происходит при стопроцентной загрузке или сбое связующего.

Максимальное количество членов транка часто ограничено двумя либо восемью.

4.5.1.6

Новое условное графическое обозначение.



-- агрегированный канал

4.5.2.1

Критерии классификации транков:

1. Канал- (порт-), интерфейс- либо станционная ориентированность: per-link (per-port), per-interface, per-node basis (порт без канала не имеет смысла).
2. Уровень модели OSI: L2, L3 и выше.
3. Целевое сетевое оборудование: switch -- switch, NIC -- switch.
(Возможно множество вариантов, но стоит выделить два: обычно резервируют каналы, связывающие сетевые адAPTERы серверов с активным сетевым оборудованием, и каналы, связывающие активное сетевое оборудование между собой.)
4. Постоянство членства: static, dynamic.

4.5.3.1

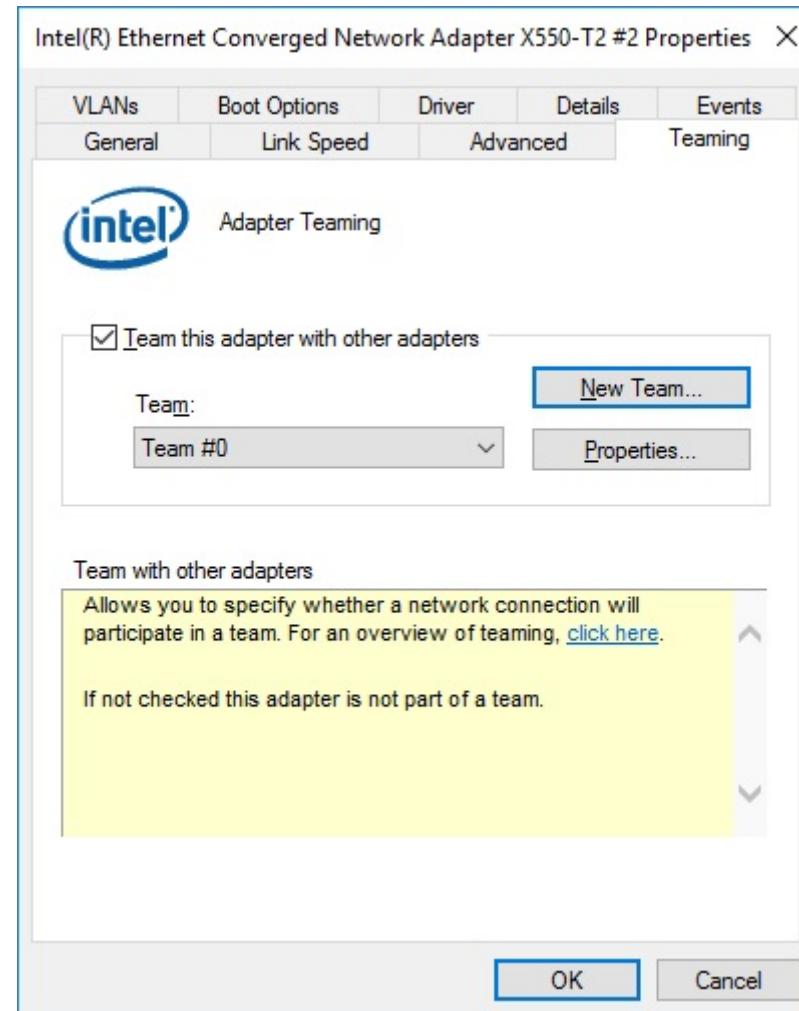
Основные реализации транков:

1. Intel Adaptive Load Balancing (ALB) -- per-interface, L3, NIC -- switch, static.

Несколько (до восьми) сетевых адаптеров серверной (или клиентской) пользовательской станции подключают к одному коммутатору, поддержка со стороны коммутатора не требуется, все адаптеры разделяют передаваемый трафик, прием осуществляется только связующий порт, отказ одного из адаптеров чреват только исключением его из группы.

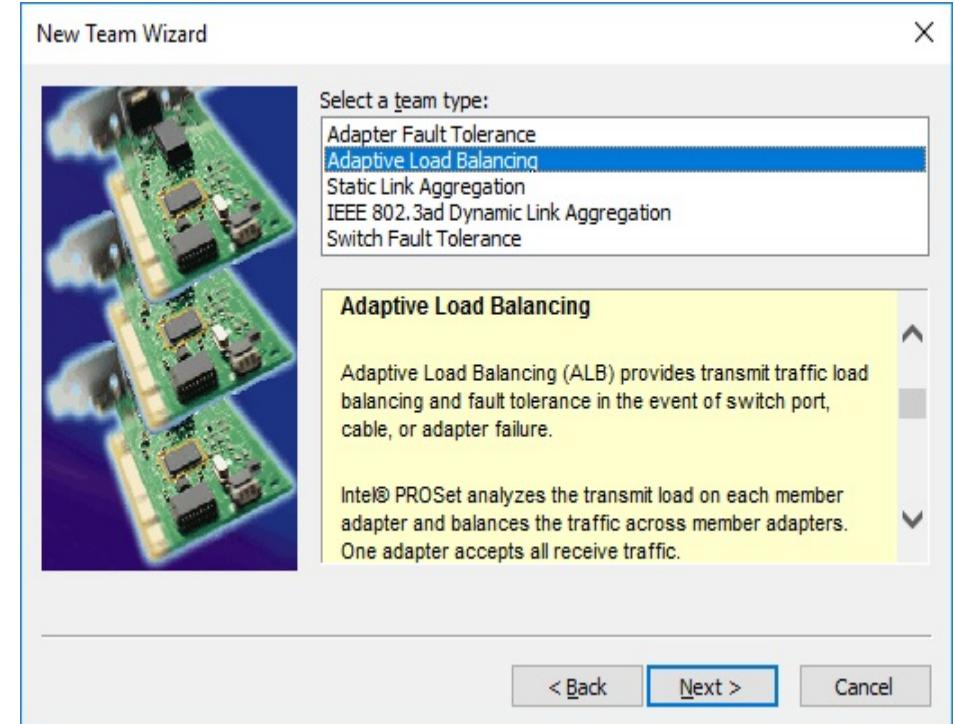
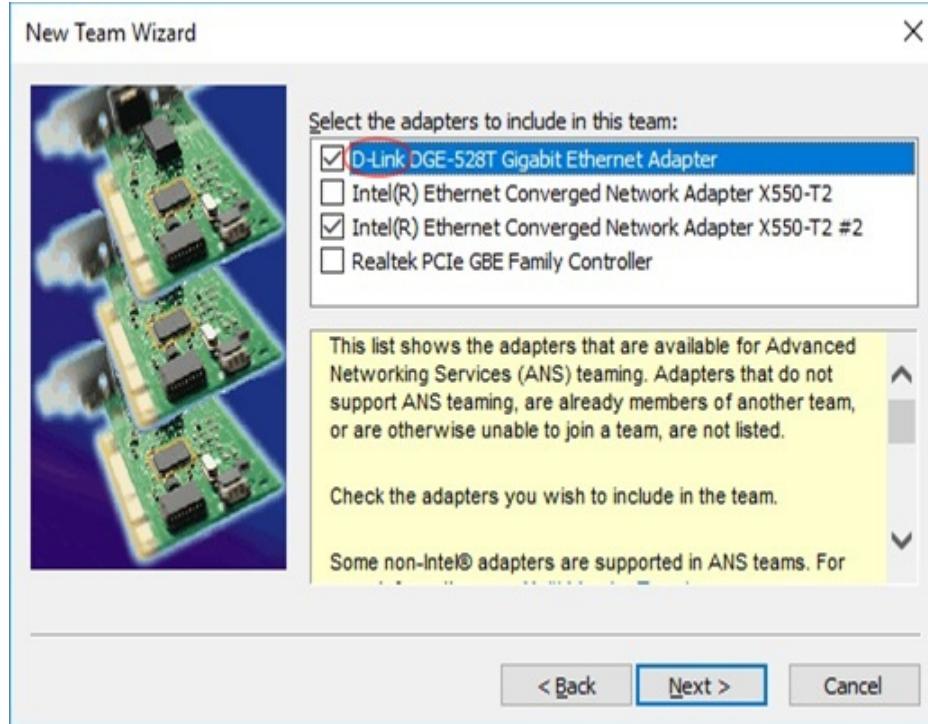
Вариант с Receive Load Balancing (RLB) обеспечивает разделение трафика в обоих направлениях.

4.5.3.2a



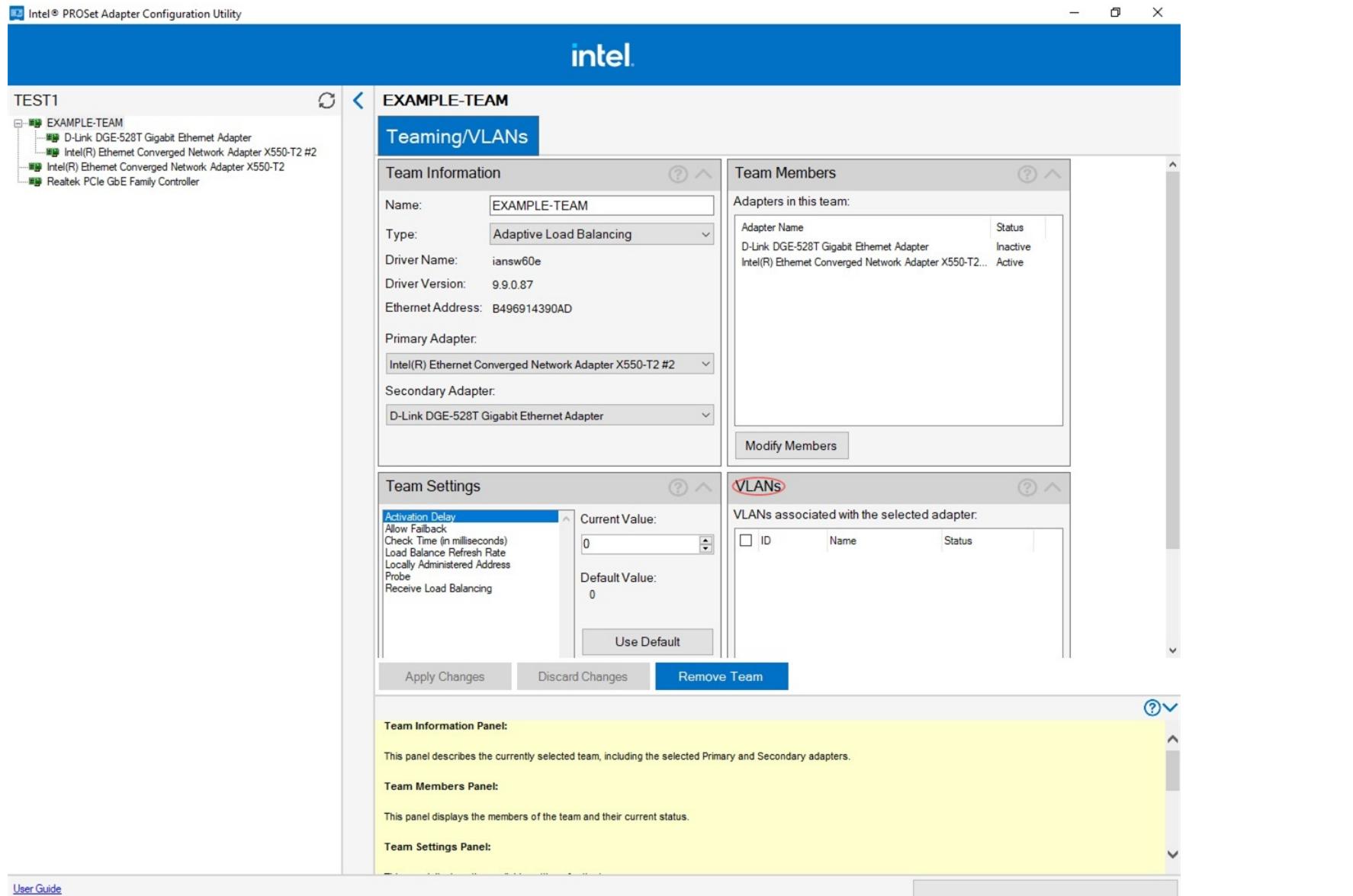
Пример team в Windows 10 1607 (Intel Advanced Network Services)

4.5.3.2b



Основные шаги мастера создания team

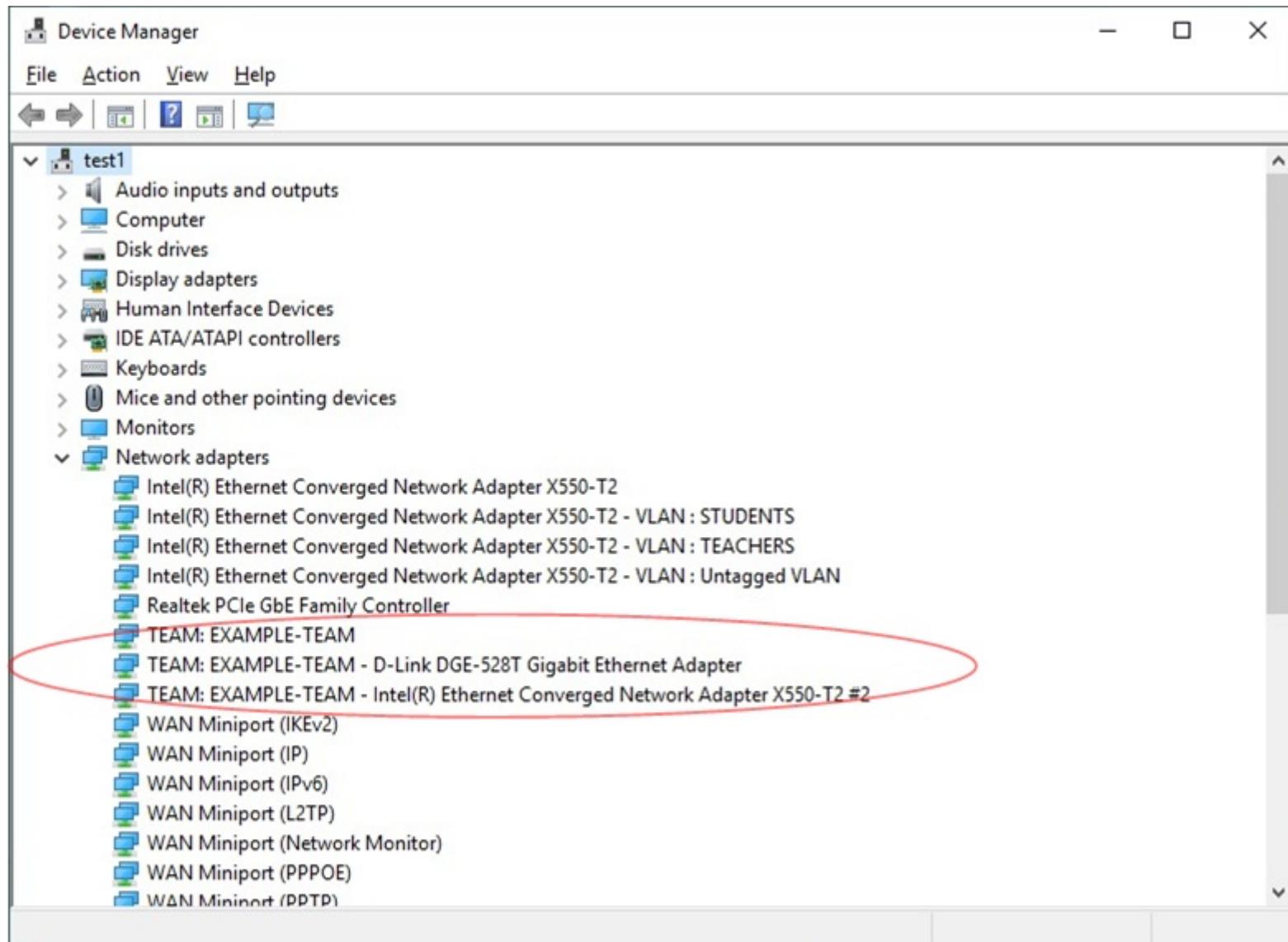
4.5.3.2c



[User Guide](#)

Пример team в Windows 10 1809 (Intel Advanced Network Services)

4.5.3.2d



Пример team в Windows 10 1809 (Intel Advanced Network Services)

4.5.3.3

2. Broadcom SLB (Smart Load Balancing) -- аналог Intel ALB **плюс** RLB.

Два варианта. Вариант Auto-fallback disable отличается от варианта Failover тем, что в случае восстановления после сбоя связующего адаптера эта функция (связующего адаптера) ему не возвращается.

4.5.3.4

3. HP NFT (Network Fault Tolerance) TLB (Transmit Load Balancing) -- еще один аналог Intel ALB.

Два варианта. Вариант Fault Tolerance отличается от варианта Fault Tolerance and Preference Order тем, что входящим в состав транка адаптерам можно задать приоритеты, в соответствии с которыми они будут становиться связующими.

4.5.3.5

4. Nortel & Avaya MLT (Multi-Link Trunking) -- группа проприетарных технологий (и протоколов) -- per-link плюс per-interface, L2 плюс L3, switch -- switch, static плюс dynamic.

Несколько вариантов, адаптированных для различных применений: собственно MLT, DMLT (Distributed SMLT), SMLT (Split MLT), SLT равно SSMLT (Single port SMLT), RSMLT (Routed SMLT).

4.5.3.6

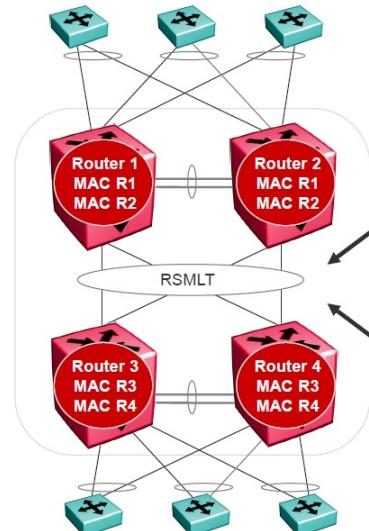
AVAYA

LAN Solution Example

Routed SMLT (RSMLT) Operation

Normal Operation

- RSMLT aggregation switch pairs exchange local router MAC addresses
- Both router MAC addresses are routing packets on both RSMLT aggregation switches
- SMLT/RSMLT ensures that no packets are duplicated



Core VLAN between all four routers

- RSMLT enabled on core VLAN(s)
- All cluster switches in the same IP subnet
- Routing protocol enabled
- No ECMP / VRRP required

Any IGP

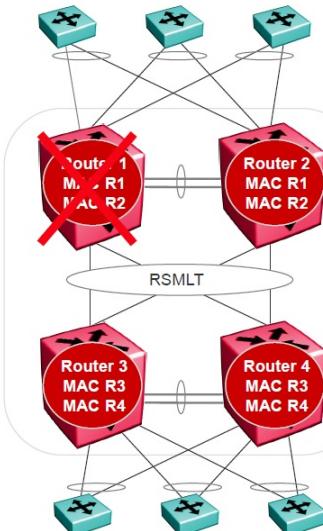
- OSPF or RIP
- IGP knows nothing of RSMLT
- Protocol timers unchanged

LAN Solution Example

Routed SMLT (RSMLT) Operation

Failure Operation

- Routing protocol converges just as normal
- Router 2 continues to forward for Router 1
- After routing protocol is converged MAC R1 is flushed



- Hold-up timer kicks in
 - Keeps MAC R1 alive for timer duration
 - Timer should be greater than IGP convergence time

- Router 3 & Router 4 continue to forward without any service disruption

Пример топологии с применением RSMLT [Avaya]

4.5.3.7

5. 802.3ad (позже 802.1AX) SLA (Static Link Aggregation) -- ставший стандартом вариант технологии Cisco FEC (Fast EtherChannels) и GEC (Gigabit EtherChannels) -- per-link, L2, switch -- switch либо NIC -- switch, static.

Все «вручную» объединяемые в транк пары связанных портов должны быть идентичными (скорость, режим, виланы, состояние и другое), обеспечивается разделение трафика, сбойный канал исключается из группы.

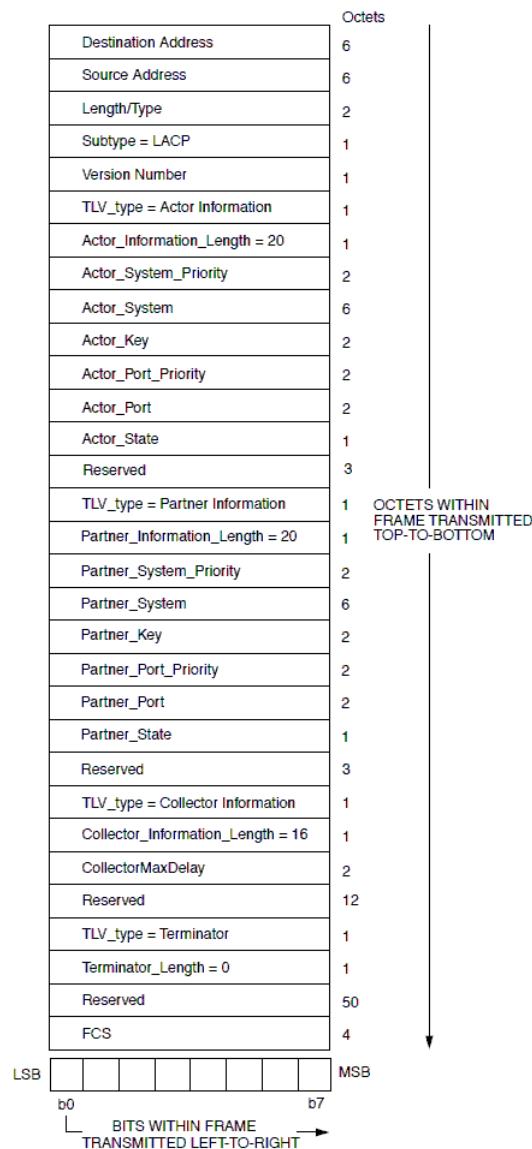
4.5.3.8

6. 802.3ad (позже 802.1AX) LACP (Link Aggregation Control Protocol) -- в отличие от SLA, dynamic.

Позволяет автоматизировать формирование транков из пар портов на которых включена поддержка этого протокола, используются специальные сообщения LACPDUs (LACP Data Units) и мультикаст-MAC-адрес 01-80-C2-00-00-02.

Современные EtherChannels поддерживают LACP.

4.5.3.9



LACPDU [IEEE]

4.5.3.10

7. Cisco Port Aggregation Protocol (PAgP) -- проприетарный протокол в рамках EtherChannels, аналог LACP.

Как и в случае с VTP, сообщения инкапсулируются в SNAP-пакеты и передаются по мультикаст-MAC-адресу 01-00-0C-CC-CC-CC.

4.5.3.11

8. Cabletron SmartTrunking & DEC Hunt Groups -- нынче редко применяемые проприетарные технологии -- per-link, L2, switch -- switch либо NIC -- switch, static **плюс** dynamic.

Кроме всего прочего, позволяют отслеживать и устранять зацикливания, если транки образуют петли (альтернатива STP). Базируются на двух протоколах: LLAP (Logical Link Aging Protocol) и PLAP (Physical Link Affinity Protocol).

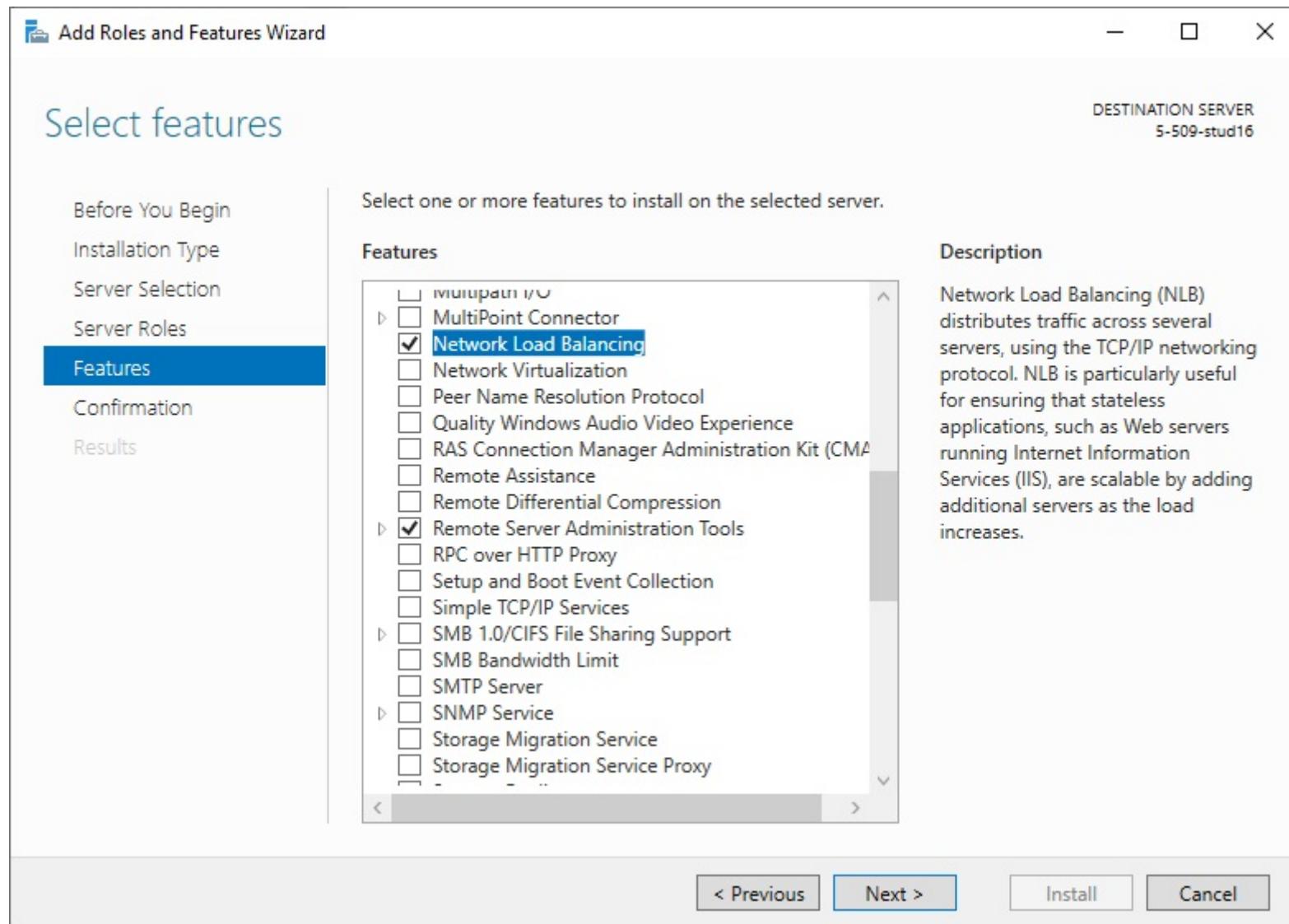
4.5.3.12

9. Microsoft NLB (Network Load Balancing) -- поддерживается в серверных редакциях Windows -- per-node, L2 плюс L3 плюс L4, NIC -- switch, static.

Содержащие по одному -- двум сетевым адаптерам серверные станции подключают к коммутаторам произвольным образом, поддержка со стороны коммутаторов не требуется.

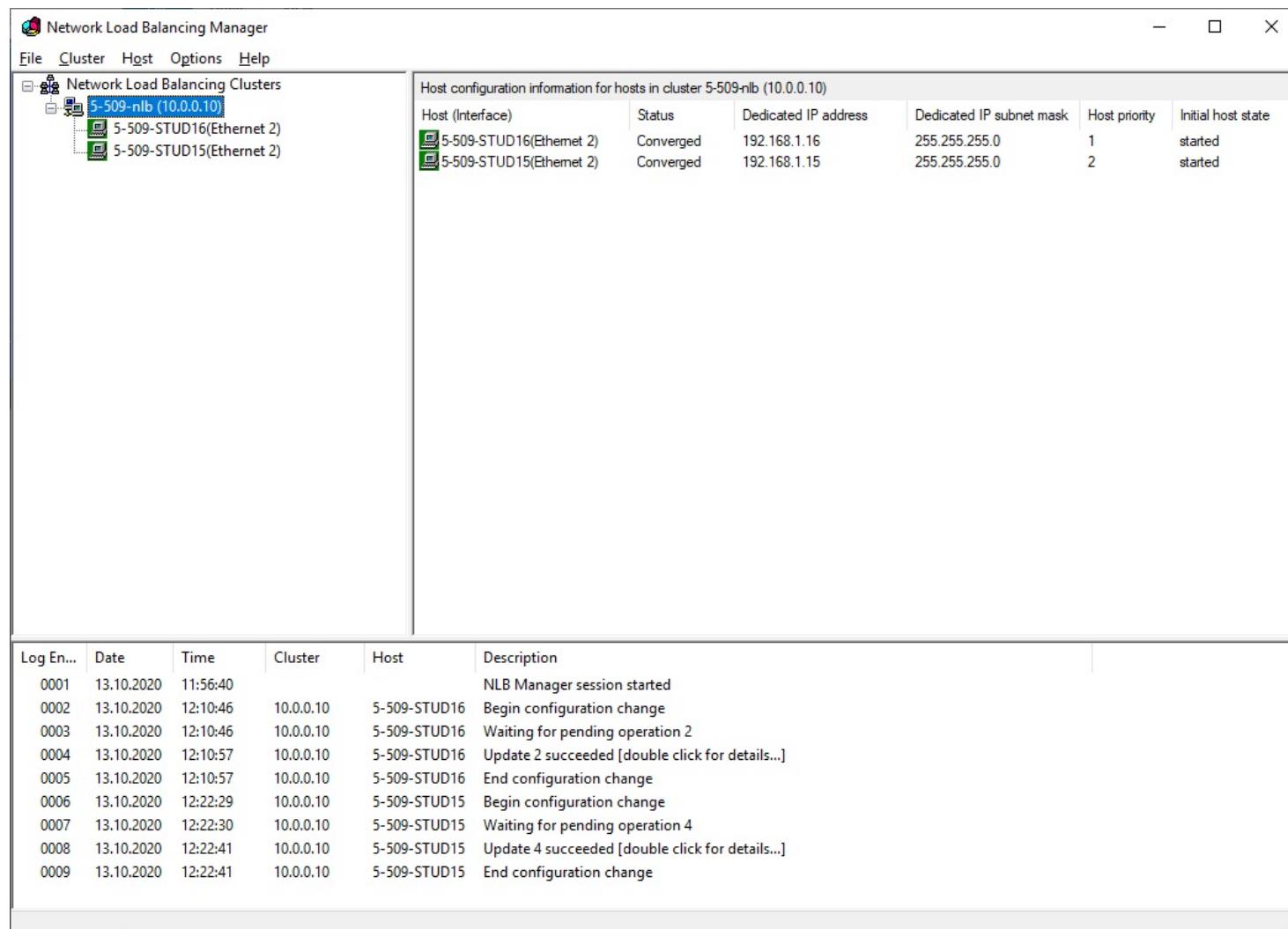
Несколько режимов, возможно распределение трафика между станциями с учетом программных портов и приоритетов станций.

4.5.3.13a



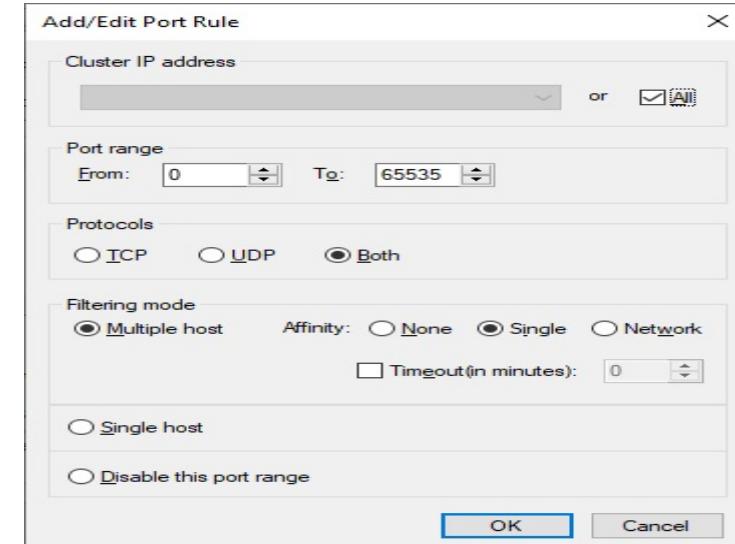
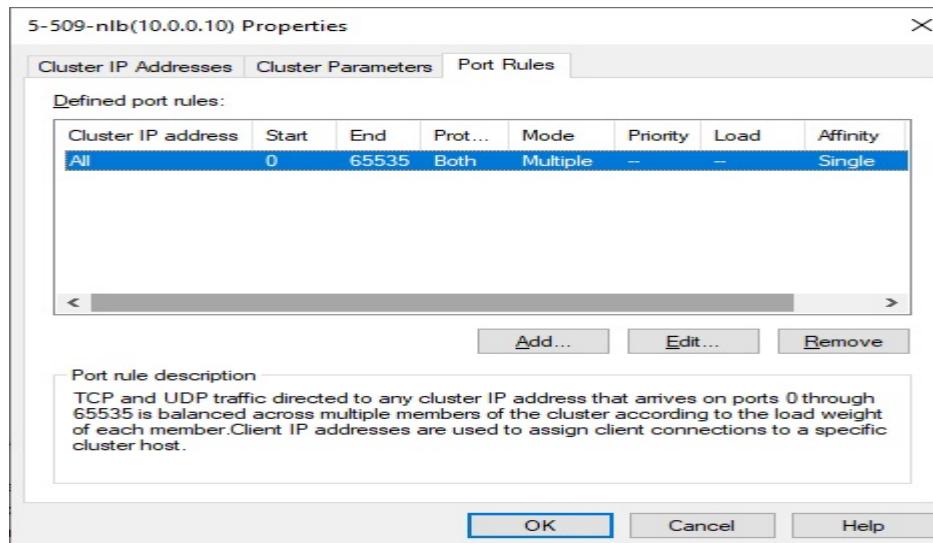
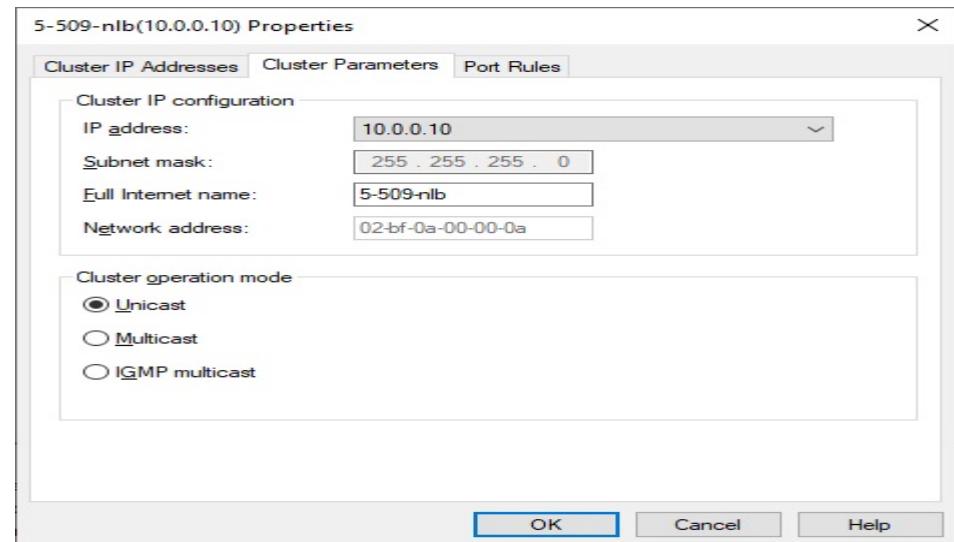
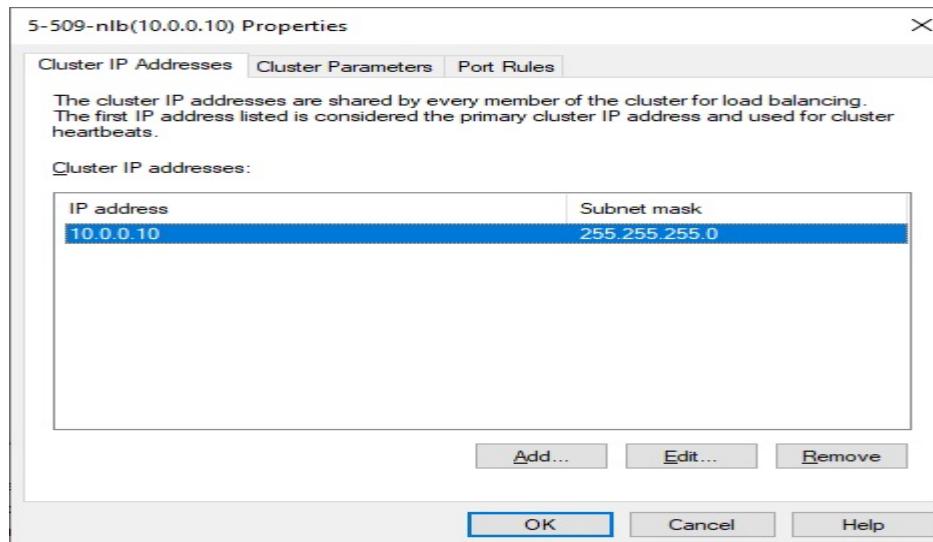
Установка возможности NLB в Windows Server 2016/2019

4.5.3.13b



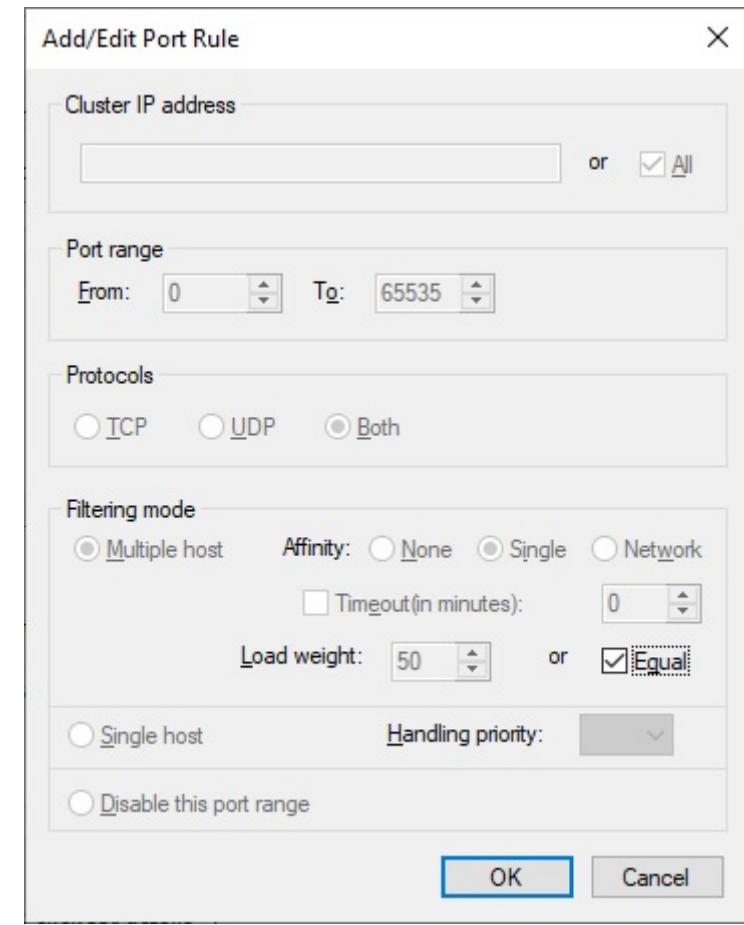
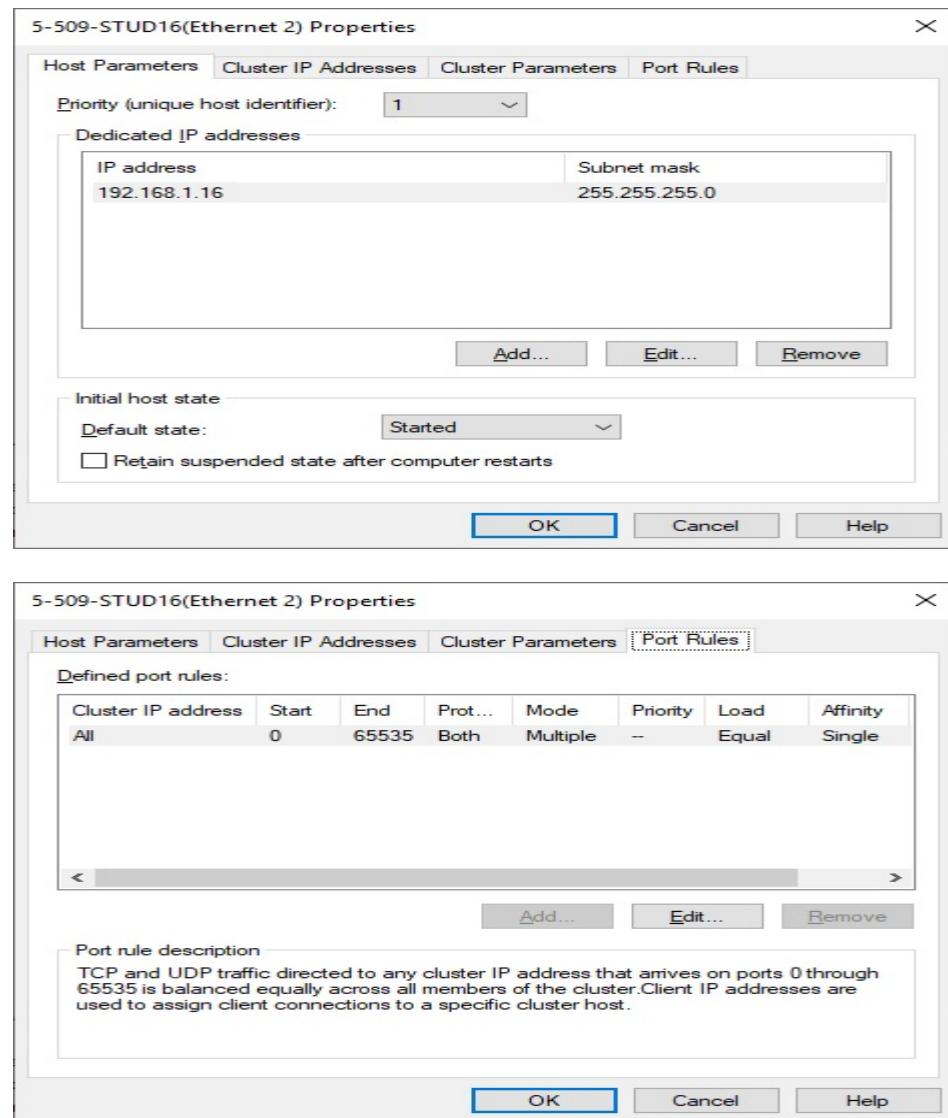
NLB-менеджер в Windows Server 20016/2019

4.5.3.13c



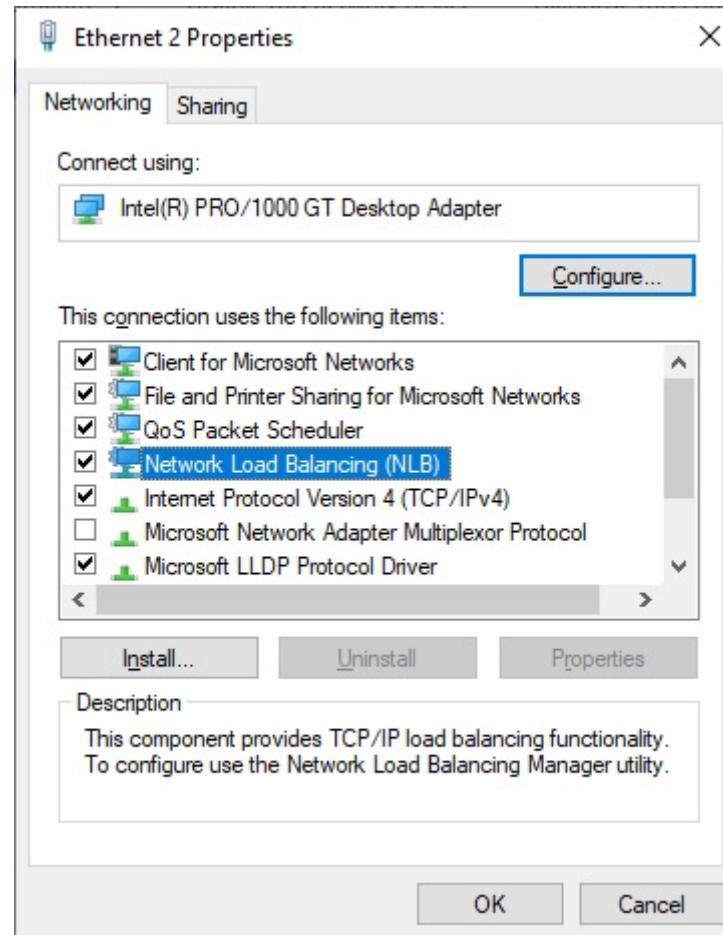
Свойства кластера NLB в Windows Server 20016/2019

4.5.3.13d



Свойства хоста NLB в Windows Server 20016/2019

4.5.3.13e



Служба NLB на уровне сетевого интерфейса в Windows Server 2016/2019

4.5.3.14

10. Microsoft NIC Teaming -- поддерживается в Windows Server 2012 -- Server 2019 -- per-link плюс per-interface, L2 плюс L3, NIC -- switch, static плюс dynamic.

Три режима: Switch Independent, Static Teaming, LACP.

4.5.3.15a

The screenshot shows the Windows Server 2019 Server Manager interface. The left navigation bar is visible with options: Dashboard, Local Server (selected), All Servers, and File and Storage Services. The main content area displays the following sections:

- PROPERTIES**: For test1. It shows basic server details like Computer name (test1), Workgroup (EVM), and system status (Last installed updates: Windows Update, Last checked for updates: Never). It also lists network settings: Windows Defender Firewall (Public: Off), Remote management (Enabled), Remote Desktop (Disabled), and NIC Teaming (Disabled). Under NIC Teaming, it shows four Ethernet ports: Ethernet (IPv4 address assigned by DHCP, IPv6 enabled), Ethernet 2 (Not connected), Ethernet 3 (IPv4 address assigned by DHCP, IPv6 enabled), and Ethernet 4 (Not connected). Other properties include Windows Defender Antivirus (Real-Time Protection: On), Feedback & Diagnostics (Settings), IE Enhanced Security Configuration (On), Time zone (UTC+03:00) Minsk, and Product ID (Not activated).
- EVENTS**: All events | 20 total. A table lists 20 events from TEST1, mostly errors related to bnistack and System logs.
- SERVICES**: All services | 210 total. A table lists 210 services across various categories.

Пример team в Windows Server 2019

4.5.3.15b

The screenshot shows the NIC Teaming configuration interface in Windows Server 2019. It includes three main sections: SERVERS, TEAMS, and ADAPTERS AND INTERFACES.

SERVERS: Displays one server named TEST1, which is marked as Faulty (red circle with an exclamation). The server is Physical and running Microsoft Windows Server 2019 Standard. It is part of two teams.

Name	Status	Server Type	Operating System Version	Teams
TEST1	Fault	Physical	Microsoft Windows Server 2019 Standard	2

TEAMS: Shows two teams: EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS and EXAMPLE-TEAM. EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS is in Faulty status and uses Switch Independent Teaming Mode with Dynamic Load Balancing, connected to one adapter. EXAMPLE-TEAM is in Warning status and uses Static Teaming with Dynamic Load Balancing, connected to two adapters.

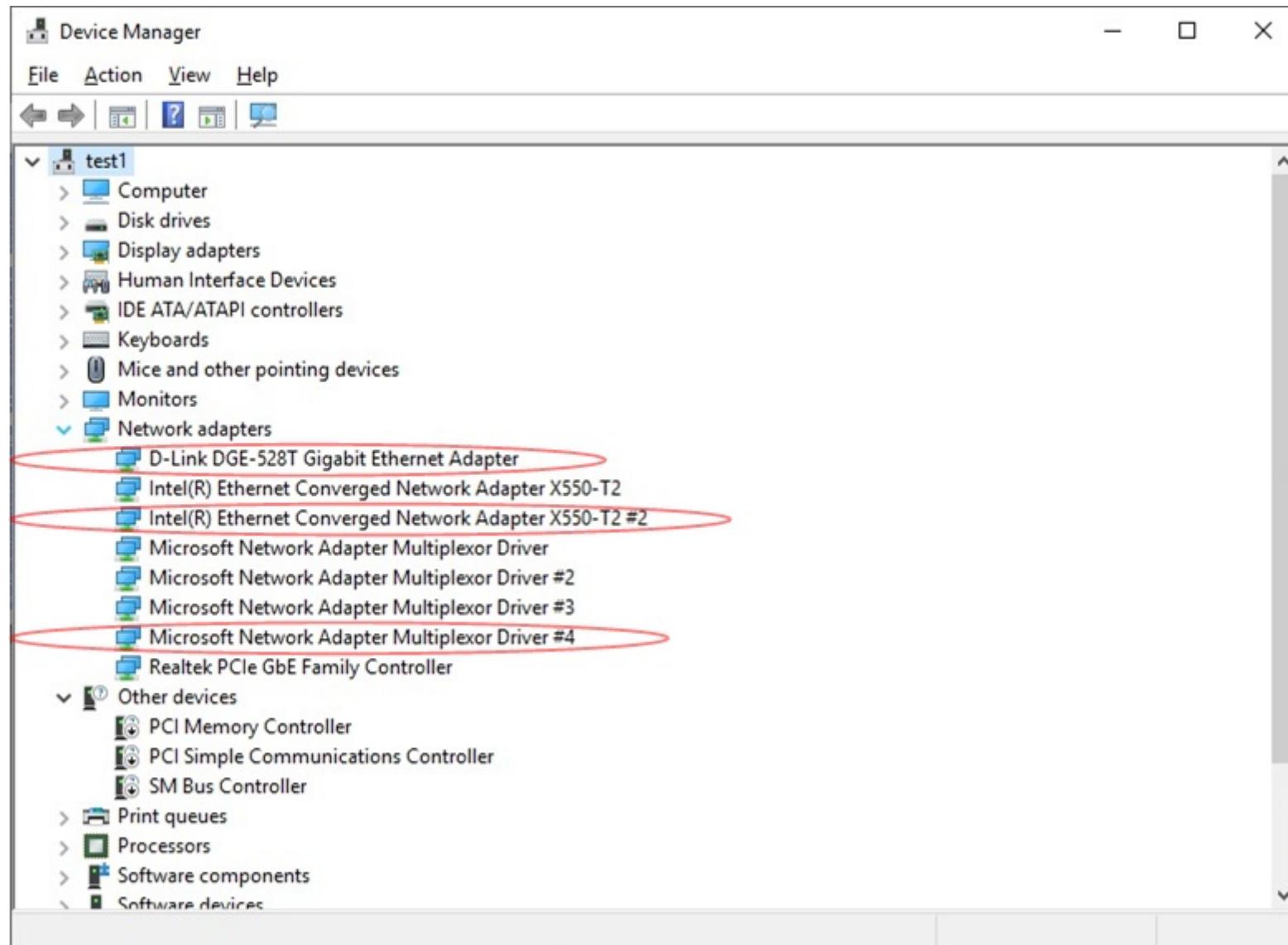
Team	Status	Teaming Mode	Load Balancing	Adapters
EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS	Fault	Switch Independent	Dynamic	1
EXAMPLE-TEAM	Warning	Static Teaming	Dynamic	2

ADAPTERS AND INTERFACES: Displays network adapters and team interfaces. There are three team interfaces under EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS, all of which are disconnected. There is one team interface under EXAMPLE-TEAM, which is connected.

Name	Primary	VLAN	State	Team
EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS	Yes	Default	Disconnected	EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS (3)
EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS - VLAN STUDENTS	No	10	Disconnected	EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS (3)
EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS - VLAN TEACHERS	No	20	Disconnected	EXAMPLE-MULTIPLE-VLANS (3)
EXAMPLE-TEAM	Yes	Default	Connected	EXAMPLE-TEAM (1)

Пример team в Windows Server 2019

4.5.3.15c



Пример team в Windows Server 2019

4.5.3.16

11. Linux NIC Bonding -- per-link **плюс** per-interface, L2 **плюс** L3, NIC -- switch, static **плюс** dynamic.

Семь разных режимов, в том числе с поддержкой некоторых вышеперечисленных L2-технологий.

4.5.3.17

ifcfg-bond0:

```
DEVICE=bond0
ONBOOT=yes
BOOTPROTO=none
IPADDR=192.168.11.15
NETMASK=255.255.255.224
USERCTL=no
```

ifcfg-eth0 (eth1 и так далее):

```
DEVICE=eth0
ONBOOT=yes
BOOTPROTO=none
SLAVE=yes
MASTER=bond0
USERCTL=no
```

modprobe.conf:

```
alias bond0 bonding
options bond0 mode=balance-alb miimon=100 !Режим и интервал проверки в ms
```

Пример конфигурирования NIC Bonding

4.5.4.1

EtherChannels (современная реализация) поддерживают SLA, LACP и PAgP в следующих режимах:

1. on -- SLA.
2. passive -- пассивный LACP.
3. active -- активный LACP.
4. auto -- пассивный PAgP.
5. desirable -- активный PAgP.

4.5.4.2

Интерфейс включают в группу (channel-group) с выбранным номером с помощью команды channel-group, при этом необходимо указать режим.

Группа создается автоматически при первом «обращении» к ней.

Важно, что параметры интерфейсов в группе должны быть идентичными (даже текущие скорости).

Если параметры интерфейса при включении в группу отличны, либо, если параметры хотя бы одного из интерфейсов в составе группы по какой-либо причине стали отличны, то этот интерфейс, равно как и интерфейс, соединенный с этим интерфейсом, переводится в особое состояние -- down (suspended) и индикатор порта начинает гореть оранжевым цветом.

4.5.4.3

При создании группы автоматически создается и соответствующий виртуальный сетевой интерфейс port-channel.

Channel-groups и port-channels связываются по номерам.

Некоторые параметры необходимо (и логично) задавать на уровне реальных интерфейсов, а некоторые -- на уровне виртуального интерфейса.

Интересно, что некоторые параметры автоматически дублируются (как при вводе на уровне реальных интерфейсов, так и при вводе на уровне виртуального интерфейса), а некоторые необходимо дублировать.

Иногда автоматическое дублирование при «очистке» не срабатывает.

4.5.4.4

EtherChannels могут быть организованы как на втором, так и на третьем уровне.

4.5.4.5

Расширение Virtual PortChannels (vPC), доступное на платформе Nexus, позволяет создать на коммутаторе группу из каналов, подключенных к другим разным коммутаторам.

4.5.4.6

```
Switch(config)#interface range gi0/1-2
Switch(config-if-range)#{switchport} mode access
Switch(config-if-range)#{switchport access vlan 10
Switch(config-if-range)#{channel-group 1 mode on
Switch(config-if-range)#{exit
```

```
Switch(config)#interface port-channel 1
Switch(config-if)#{spanning-tree} portfast
Switch(config-if)#{exit
```

4.5.4.7

```
Switch(config)#interface range gi0/3-4
Switch(config-if-range)#no switchport
Switch(config-if-range)#no ip address
Switch(config-if-range)#channel-group 2 mode active
Switch(config-if-range)#exit
```

```
Switch(config)#interface port-channel 2
Switch(config-if)#no switchport
Switch(config-if)#ip address 192.168.0.11 255.255.255.0
Switch(config-if)#exit
```

4.5.4.8

Предусмотрены шесть вариантов балансировки нагрузки на основе анализа MAC- и IP-адресов источника и назначения.

4.5.4.9

```
Switch(config)#port-channel load-balance dst-mac
```

4.5.4.10

Основная команда для просмотра состояния EtherChannels -- это show etherchannel.

4.5.4.11

```
Switch#show etherchannel
```

Channel-group listing:

Group: 1

Group state = L2

Ports: 2 Maxports = 8

Port-channels: 1 Max Port-channels = 1

Protocol: - !SLA

Minimum Links: 0

4.5.4.12

Table Default EtherChannel Configuration

Feature	Default Setting
Channel groups	None assigned.
Port-channel logical interface	None defined.
PAgP mode	No default.
PAgP learn method	Aggregate-port learning on all ports.
PAgP priority	128 on all ports.
LACP mode	No default.
LACP learn method	Aggregate-port learning on all ports.
LACP port priority	32768 on all ports.
LACP system priority	32768.
LACP system ID	LACP system priority and the switch MAC address.
Load balancing	Load distribution on the switch is based on the source-MAC address of the incoming packet.

Конфигурация порта коммутатора Cisco по умолчанию применительно к EtherChannels [Cisco]