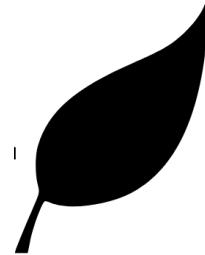


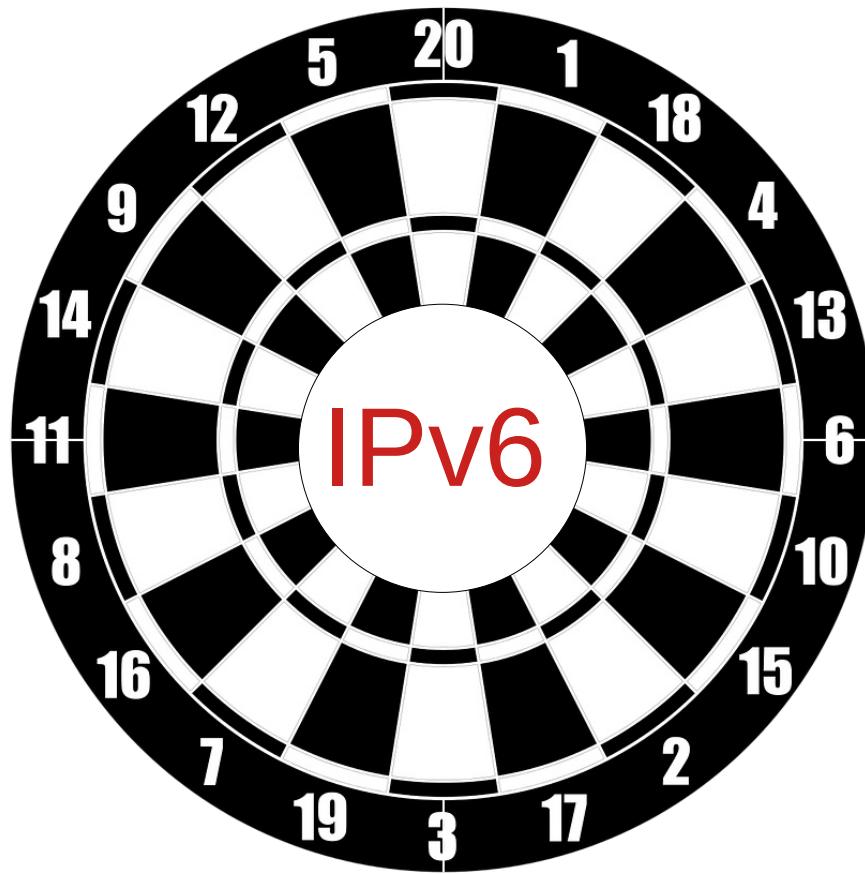
# Yggdrasil



## IPv6 в массы!

Artyom “avp” Poptsov, 2025  
site: [memory-heap.org](http://memory-heap.org) | tg: [https://t.me/memory\\_heap](https://t.me/memory_heap)

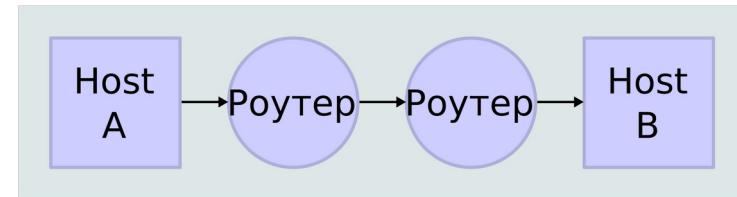
# Цель



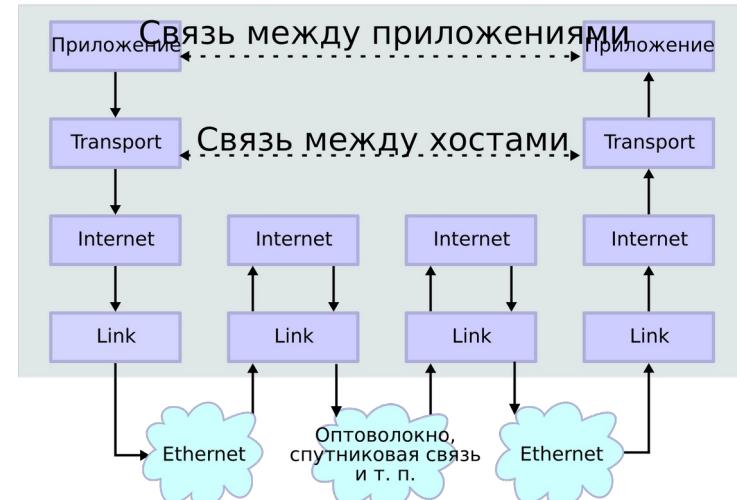
# TCP/IP

- Applications
- Transmission Control Protocol (TCP)
- Internet Protocol (IP)
- Media Access Control (MAC)
- Physical Layer:  
Ethernet, Wi-Fi, ...

Топология сети



Потоки данных



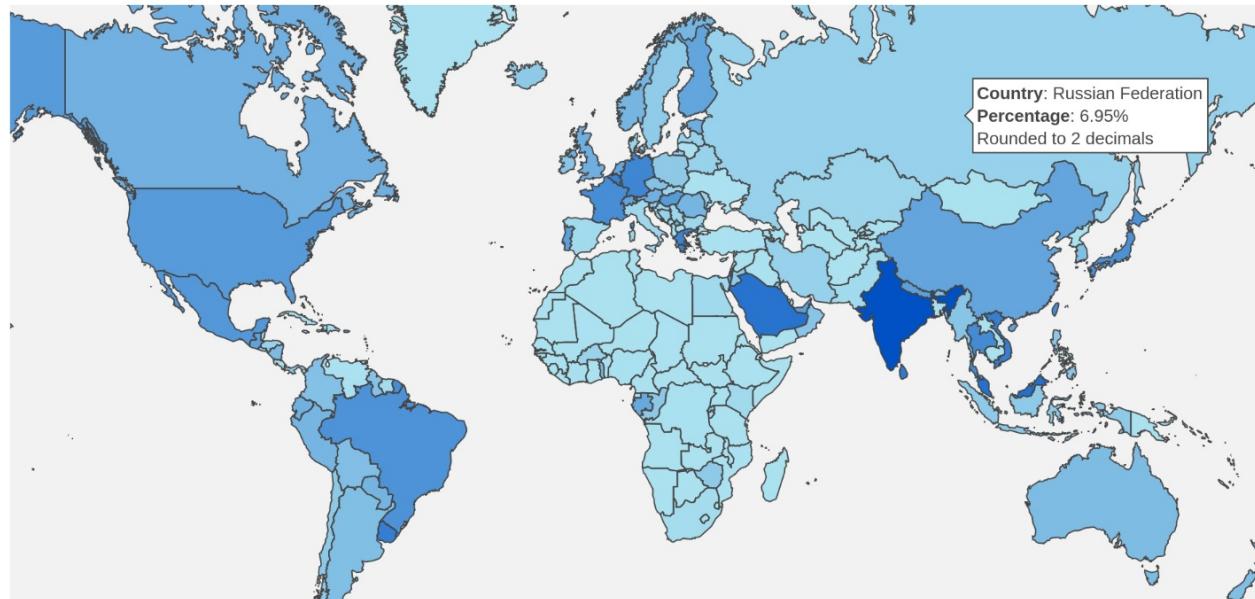
# IPv6 vs. IPv4

- Диапазоны адресов:
  - IPv4:  $2^{32}$
  - IPv6:  $2^{128}$
- IPv6:
  - Упрощенная конфигурация.
  - Отсутствует преобразование сетевых адресов (NAT.)

# Но...

- Внедрение IPv6 идёт медленно (хотя пул адресов IPv4 исчерпан.)

Per-country IPv6 adoption



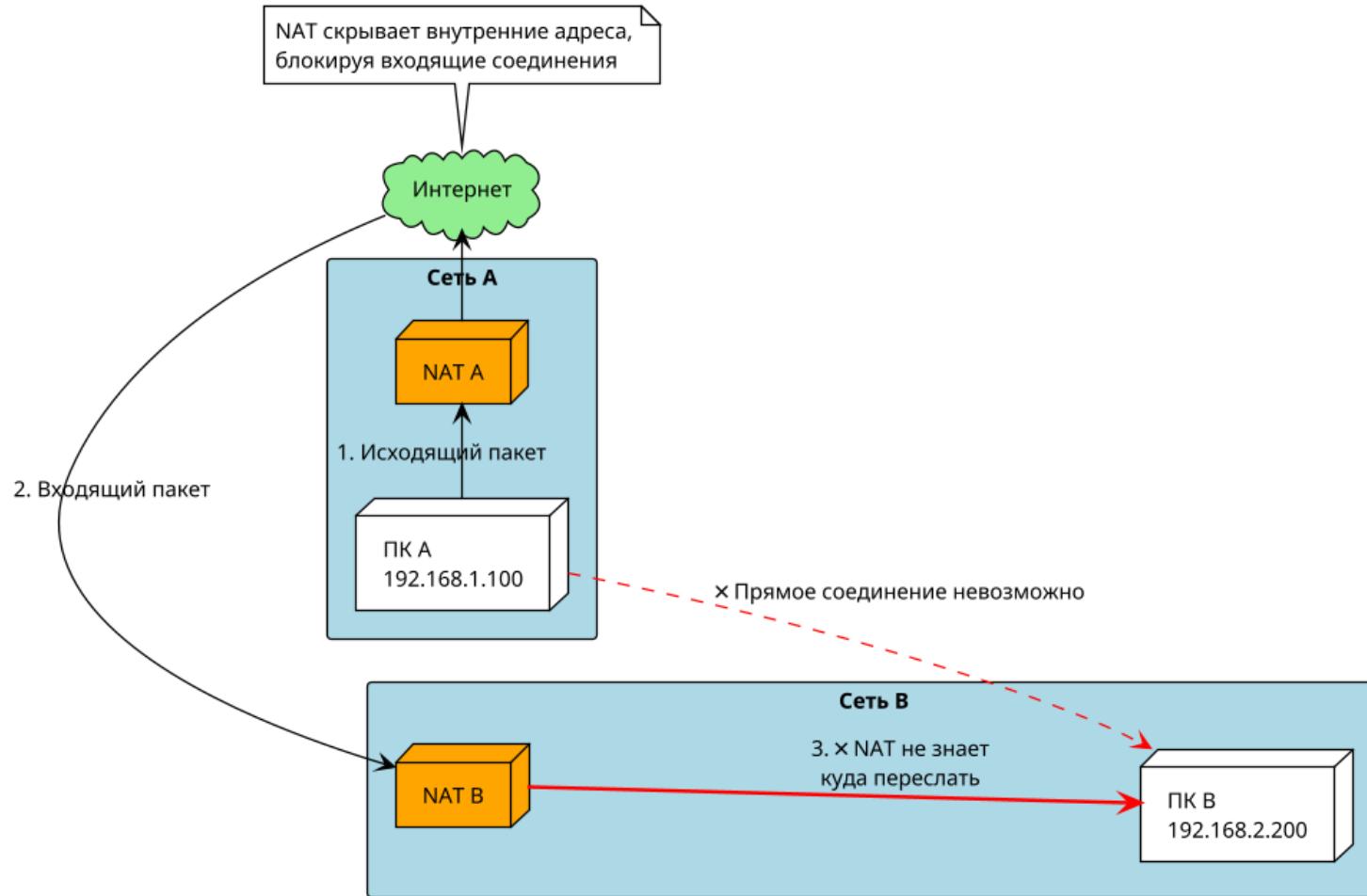
<https://radar.cloudflare.com/reports/ipv6>

# Network Address Translation (NAT)

- Механизм в TCP/IP сетях, обеспечивающий преобразование адресов транзитных пакетов данных.
- Предложен в 1994-м году как “временное решение”.

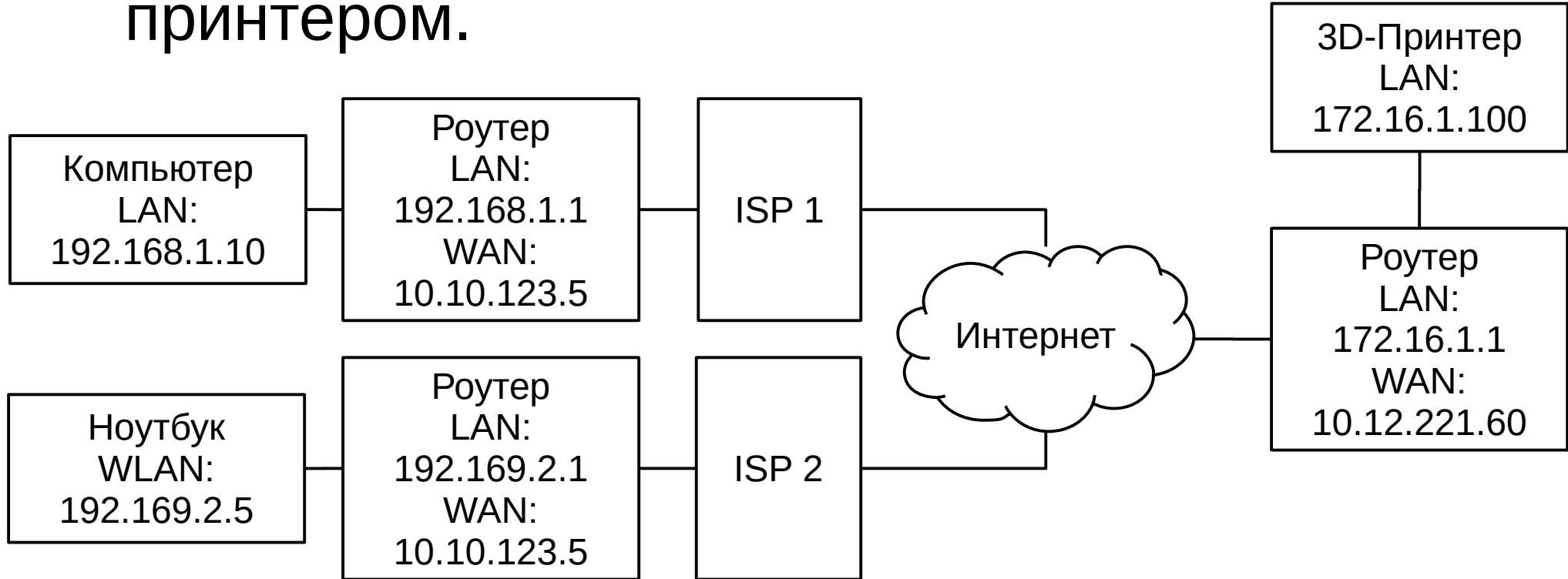


# Проблема NAT



# Пример

- Доступ к интерфейсу управления 3D-принтером.



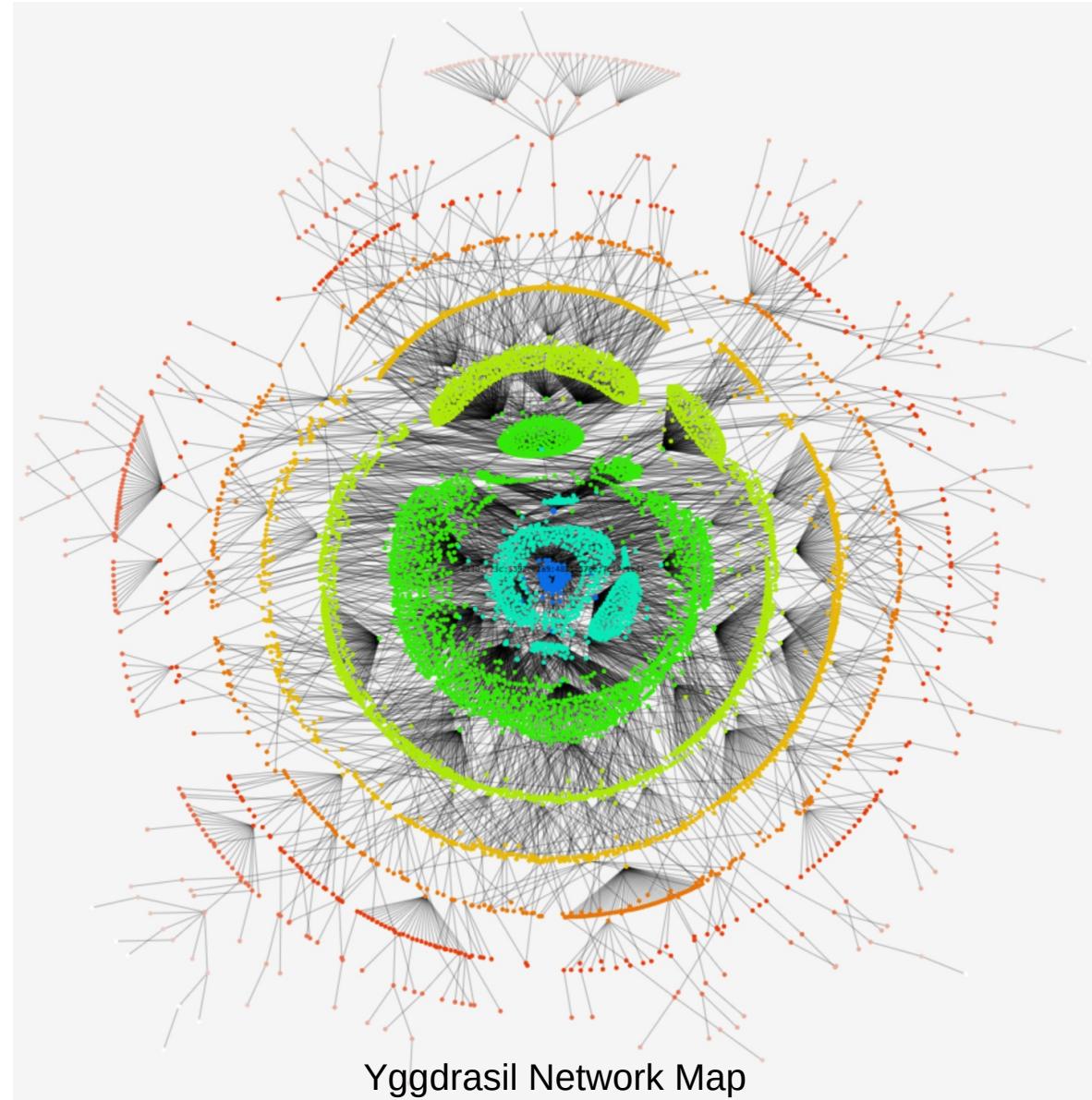
# Yggdrasil: Мировое дерево

- В скандинавской мифологии – дерево, объединяющее 9 миров:
  - Ásgarðr
  - Vanaheimr
  - Álfheimr
  - Miðgarðr (**мир людей**)
  - Jötunheimr
  - Múspellsheimr
  - Svartálfheimr
  - Niflheimr / Hel
  - Niðavellir



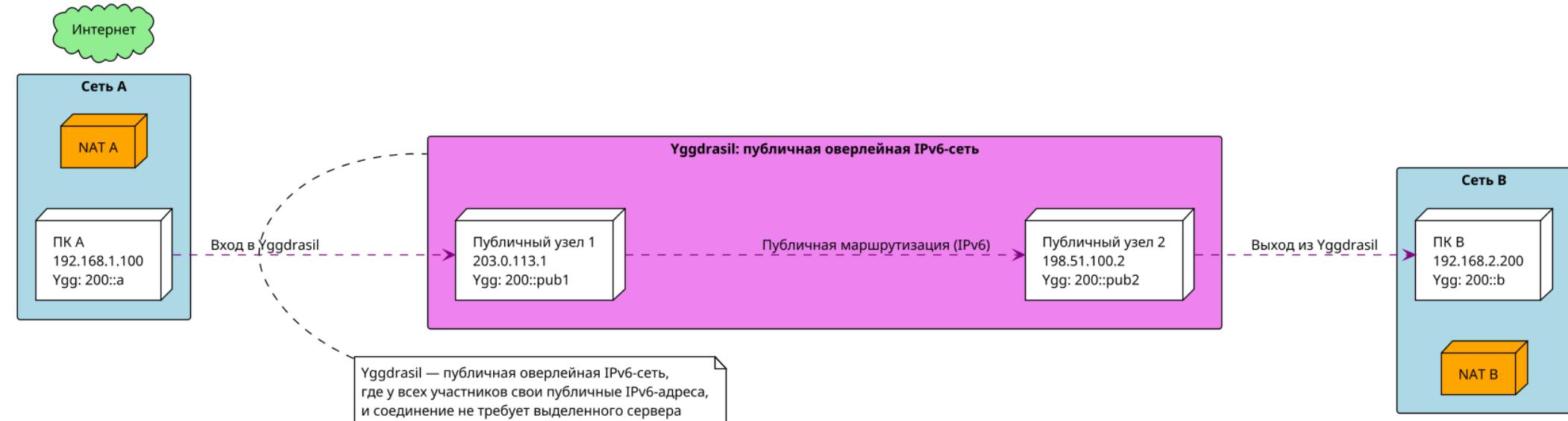
# Yggdrasil

yggdrasil-network.github.io



Yggdrasil Network Map

# Решение проблемы NAT



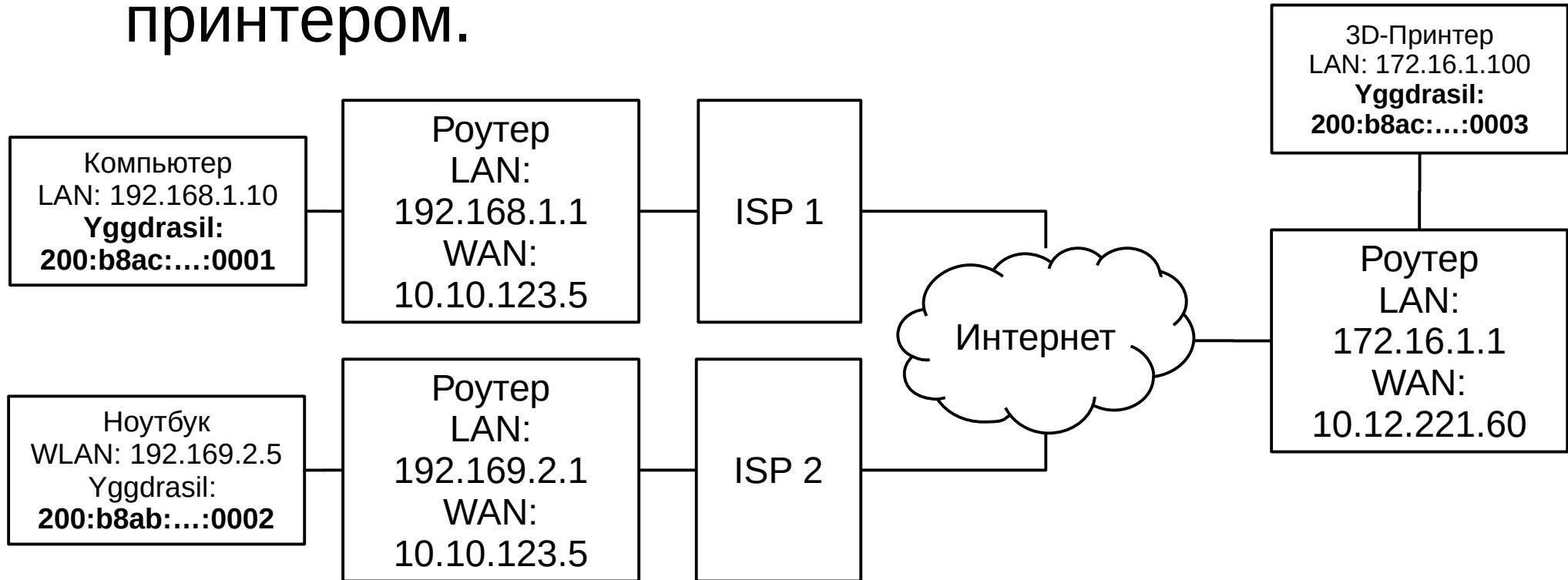
Yggdrasil: Глобальная IPv6 сеть.

# Особенности Yggdrasil

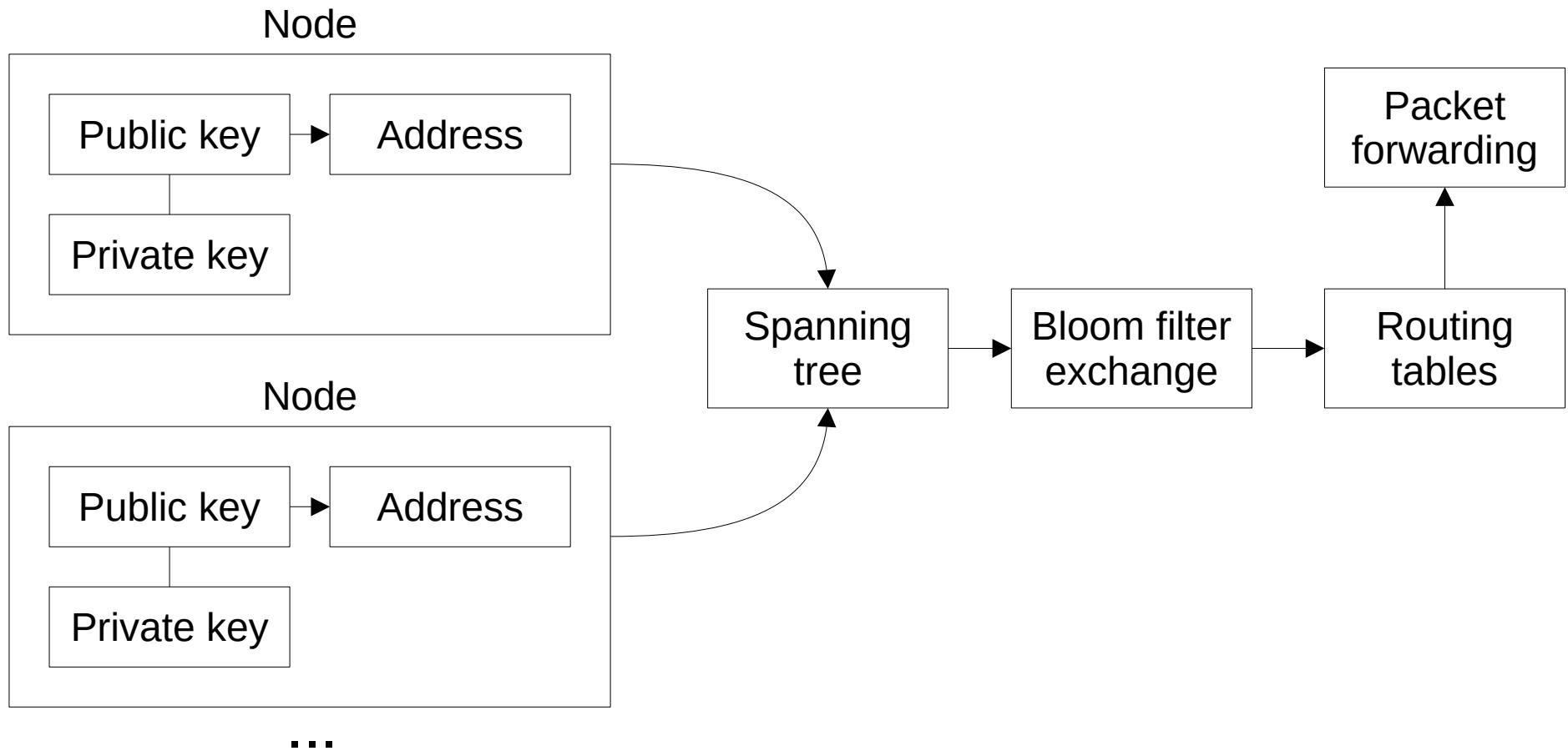
- Децентрализованная сеть.
- Шифрование трафика P2P на уровне протокола.
- Выбирается кратчайший путь.
- Может работать поверх интернета или даже без него.
- Может работать за NAT.
- Стабильный адрес узлов внутри сети.

# Пример использования Yggdrasil

- Доступ к интерфейсу управления 3D-принтером.



# Архитектура



# Адресация

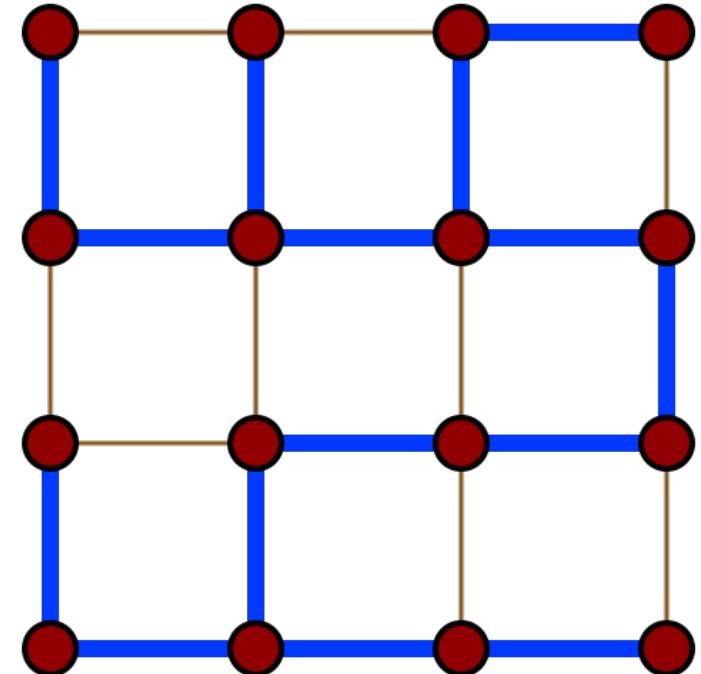
- Для ключей используется алгоритм Ed25519.
- IPv6 адрес получается из публичного ключа ноды:

```
func AddrForKey(publicKey ed25519.PublicKey) *Address {  
    // ...  
}
```

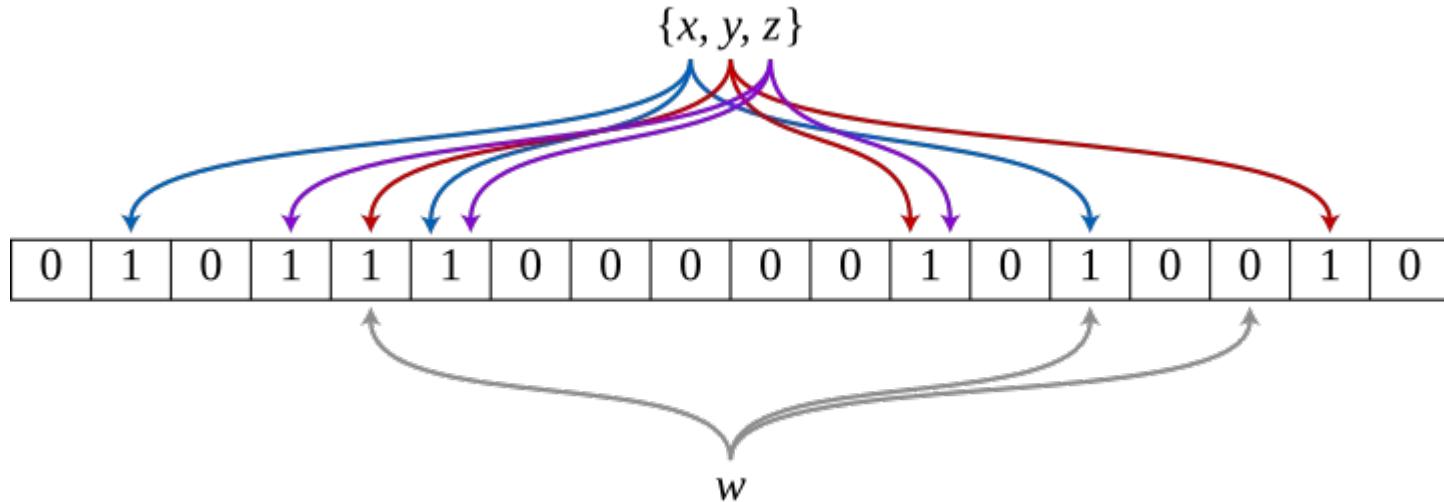
( Исходный код: [src/address/address.go](#) )

# Spanning tree (остовное дерево)

- Остовное дерево  $T$  для некоторого не-направленного графа  $G$  есть ациклический связанный подграф  $G$ , содержащий все его вершины.



# Bloom filter



- 8192-битный Bloom filter (1024 байта), 8 хэш-функций.
- Реализация:  
<https://github.com/Arceliar/ironwood/>

# Поддерживаемые протоколы

tcp://[::]:1234	TCP
tls://1.1.1.1:1234	TCP+TLS
socks://2.2.2.2:2345/1.1.1.1:1234	TCP via SOCKS, i.e. tcp://1.1.1.1:1234 via the proxy at 2.2.2.2:2345
sockstls://2.2.2.2:2345/1.1.1.1:1234	TCP+TLS via SOCKS, i.e. tls://1.1.1.1:1234 via the proxy at 2.2.2.2:2345
quic://1.1.1.1:1234	QUIC+TLS
unix:///path/to/sock.sock	UNIX
ws://[::]:444	WebSockets (Yggdrasil 0.5.7 or later only)
wss://1.1.1.1:1234	WebSockets+TLS (Yggdrasil 0.5.7 or later only)
wss://1.1.1.1:1234/path	

# Публичные пиры

- Список публичных пиров:  
<https://github.com/yggdrasil-network/public-peers>
  - Список со статусом и временем доступности:  
<https://publicpeers.neilalexander.dev/>
- Если добавить несколько пиров, то нода может участвовать в транзитной передаче данных внутри сети.

# Стратегия выбора пиров

- Следует выбрать небольшое количество близких к вам пиров, с хорошим аптаймом.
- Следует избегать пиров с большим latency.
- Не стоит добавлять много пиров из списка!
- Нет смысла добавлять одного и того же пира через разные протоколы.

# Примеры внутренних сервисов

- Yggdrasil Network Map

[http://\[21e:e795:8e82:a9e2:ff48:952d:55f2:f0bb\]/](http://[21e:e795:8e82:a9e2:ff48:952d:55f2:f0bb]/)

- HowToYgg

[http://\[222:a8e4:50cd:55c:788e:b0a5:4e2f:a92c\]/](http://[222:a8e4:50cd:55c:788e:b0a5:4e2f:a92c]/)

# Дополнительные возможности

- Автоматический поиск пиров в локальной сети.
- Создание изолированных сетей.
- Аутентификация нод по паролю.
- Закрепление публичного ключа за пиrom.

# Преимущества Yggdrasil

- Относительная лёгкость установки и (неправильной) настройки.
- Универсальность.
- Стабильность выдаваемых IPv6 адресов.

# Проблемы Yggdrasil

- Малое распространение.
  - Недостаток известности.
  - Сложность безопасной настройки  
(пользователю требуется настроить firewall.)
- Небольшое количество внутренних сервисов.

# Статьи и ресурсы про Yggdrasil

- pureacetone, “Yggdrasil Network: Заря бытовых меш-сетей, или Интернет будущего”  
<https://habr.com/ru/articles/547250/>
- pureacetone, “Yggdrasil Network 0.4 — С скачок в развитии защищенной самоорганизующейся сети”  
<https://habr.com/ru/articles/566072/>
- CuriV, “Yggdrasil-mesh глазами пентестера”  
<https://habr.com/ru/companies/radcop/articles/771776/>
- Русскоязычное сообщество:  
[https://t.me/Yggdrasil\\_ru](https://t.me/Yggdrasil_ru)

# Yggtray

- Мастер начальной настройки демона Yggdrasil и менеджер пиров.
- Фоновый процесс в трее для управления демоном.
- Лицензия: GPLv3.
- Разработчик:  
**Nexi**  
[the-nexi.github.io](https://the-nexi.github.io)  
<https://t.me/nexiware>



[github.com/the-nexi/yggtray](https://github.com/the-nexi/yggtray)

# Установка Yggtray

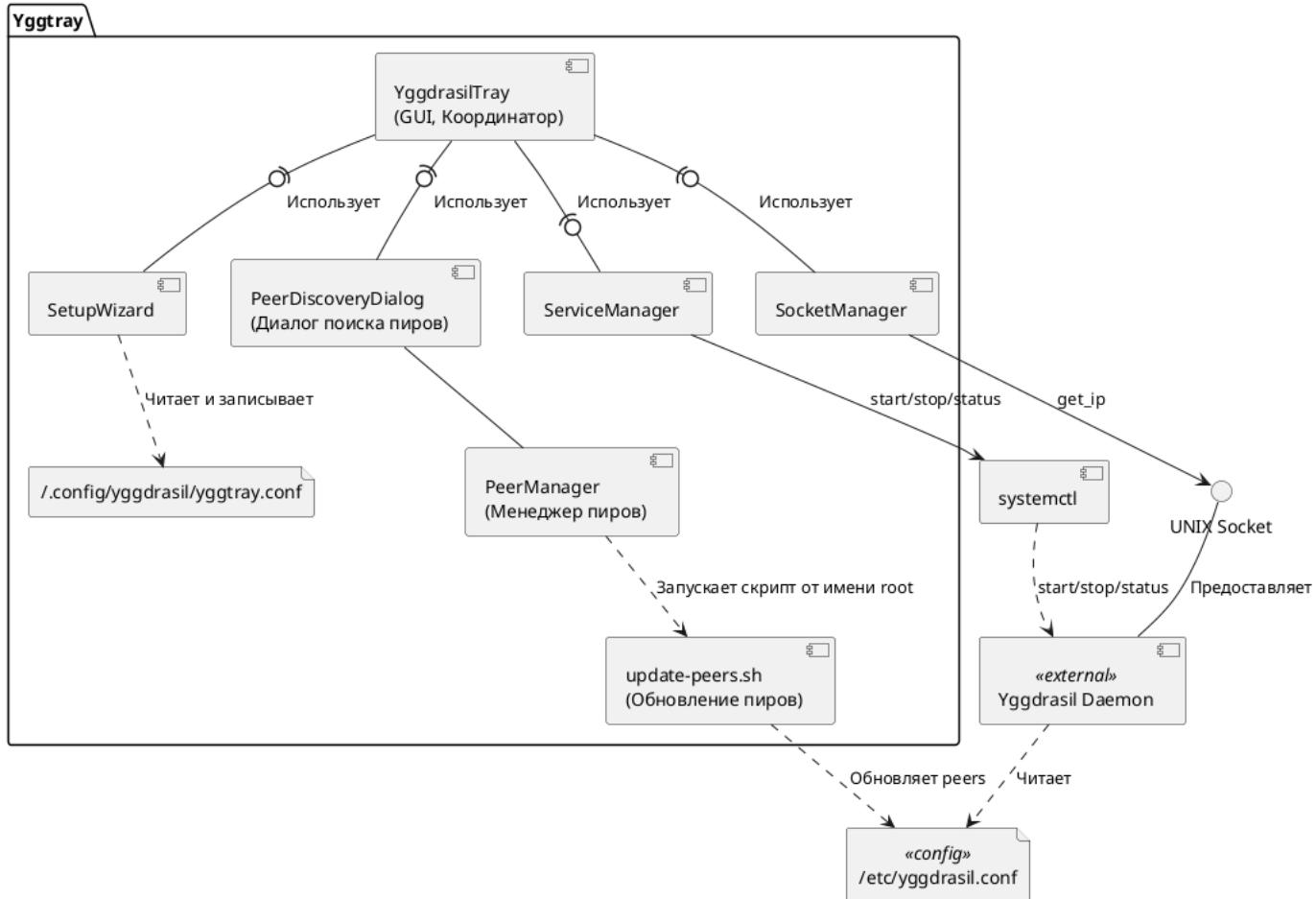
- **AppImage** (предпочтительный способ):  
<https://github.com/the-nexi/yggtray/releases>
- GNU Guix (<https://guix.gnu.org/>):

```
guix install yggtray
```

- Manual installation:

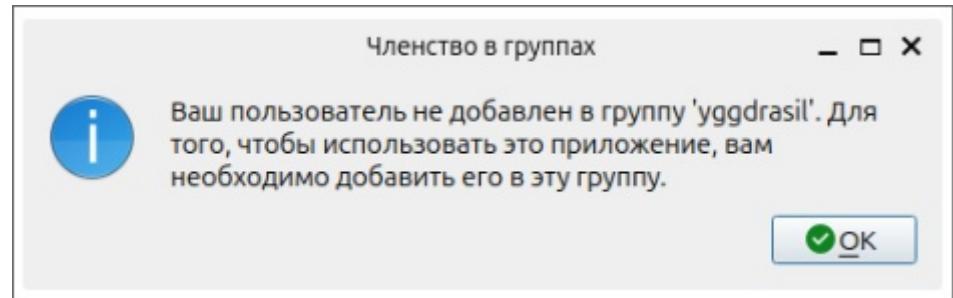
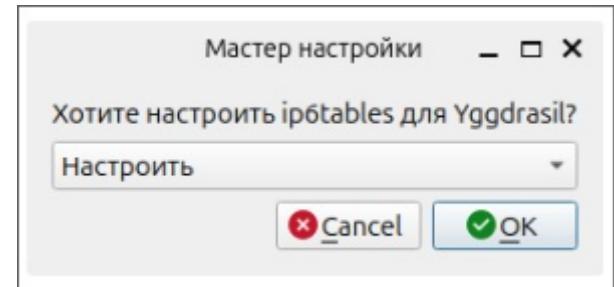
```
git clone https://github.com/the-nexi/yggtray.git
cd yggtray
mkdir build
cd build
cmake ..
make -j$(nproc)
sudo make install
```

# Архитектура



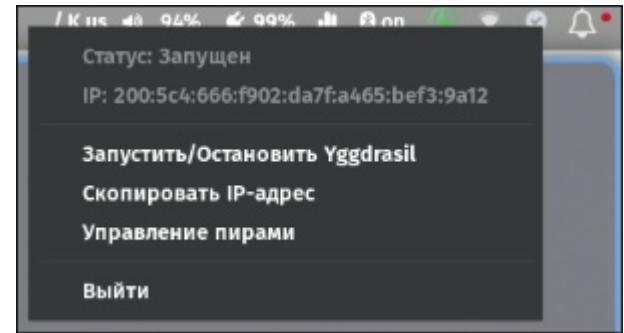
# Мастер начальной настройки

- Настройка firewall.
- Добавление пользователя в нужные группы.



# Трей

- Просмотр статуса.
- Просмотр IPv6-адреса ноды.
- Управление демоном.
- Вызов диалога управления пирами.



# Менеджер пиров

Обновить Тест Применить Экспорт в CSV

	Хост	Задержка	Статус	Валидный?
1	tcp://37.186.113.100:1514	-	-	Не тестирован
2	quic://37.186.113.100:1515	-	-	Не тестирован
3	tls://37.186.113.100:1515	-	-	Не тестирован
4	tls://syd.joel.net.au:8443	-	-	Не тестирован
5	tls://[2001:44b8:26e:1300::1]:7676	-	-	Не тестирован
6	tls://yg-mel.magicum.net:23800	-	-	Не тестирован
7	quic://yg-mel.magicum.net:23801	-	-	Не тестирован
8	tls://yg-syd.magicum.net:23700	-	-	Не тестирован
9	quic://yg-syd.magicum.net:23701	-	-	Не тестирован
10	tcp://195.114.14.86:7676	-	-	Не тестирован
11	tls://109.176.250.101:65534	-	-	Не тестирован
12	tls://[2a02:1b8:10:147::1:1ea]:65534	-	-	Не тестирован
13	quic://195.114.14.86:7676	-	-	Не тестирован

Найдено 263 пиров

0%

# Тестирование latency

	Хост	Задержка	Статус	Валидный?
1	tcp://37.186.113.100:1514	1	-	да
2	quic://37.186.113.100:1515	1	-	да
3	tls://37.186.113.100:1515	1	-	да
4	tls://syd.joel.net.au:8443	1	-	да
5	tls://[2001:44b8:26e:1300::1]:7676	-	-	нет
6	tls://yg-mel.magicum.net:23800	4	-	да
7	quic://yg-mel.magicum.net:23801	8	-	да
8	tls://yg-syd.magicum.net:23700	1	-	да
9	quic://yg-syd.magicum.net:23701	1	-	да
10	tcp://195.114.14.86:7676	1	-	да
11	tls://109.176.250.101:65534	1	-	да
12	tls://[2a02:1b8:10:147::1:1ea]:65534	-	-	нет
13	quic://ip6.saga2.munich.org:444422	-	-	нет

Тестирование пиров: 114/263

43%

# TODO

- Возможность добавления собственных пиров в менеджере.
- Пакетирование под другие дистрибутивы (AUR?)
- Отображение подробного статуса (RTT, Rx/Tx, Up/Down, Cost, ...)
- Сбор статистики и отрисовка графиков.

# Подобные проекты

- Yggdrasil Network GUI  
<https://github.com/edwardbrok/yggdrasil-network-gui>  
(Lazarus + FreePascal)

# Вывод

- Yggdrasil решает проблему доступа к ресурсам за NAT.
- Yggtray решает проблему безопасной настройки Yggdrasil.

# Спасибо за внимание!

- E-mail:  
[poptsov.artiom@gmail.com](mailto:poptsov.artiom@gmail.com)

GPG key fingerprint:  
D0C2 EAC1 3310 822D 98DE B57C  
E9C5 A2D9 0898 A02F

- Web:  
<https://memory-heap.org/>
- GitHub:  
<https://github.com/artyom-poptsov>
- Telegram:  
[https://t.me/memory\\_heap](https://t.me/memory_heap)

