ENOG 18
2021-06-07

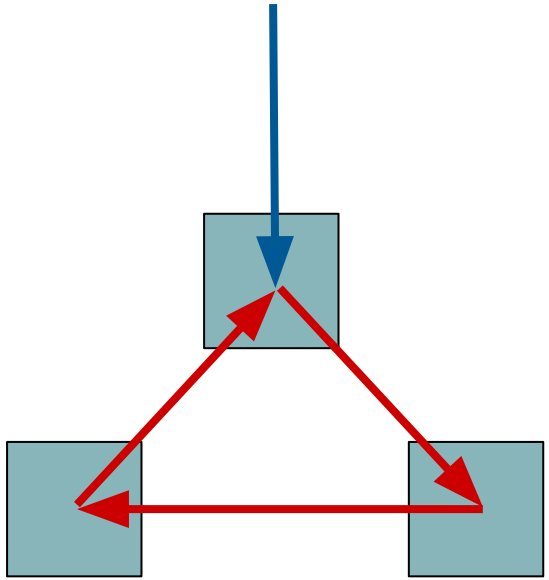
QRATOR LABS

Циклы маршрутизации

Alexander Zubkov
green@qrator.net

Цикл маршрутизации

- пакет маршрутизируется бесконечно (по кругу)
- “защита” в IP: TTL
  - максимальный TTL 255
  - TTL могут поменять в пути
- TTL exceeded
  - длинный путь
  - цикл
- traceroute/mtr



traceroute: xmas.futile.net

```
15:  xoxoxoxoxoxo.Ho.Ho.Ho.xoxoxoxoxoxo
16:  ooooxooooooxooo.V.ooooooxooooxoooo
17:  ooxooooooxooooo.MMM.oooooooooxxoooxo
18:  oooxooooooxooo.EEEEE.oooxooooooxoooo
19:  ooooxooxoooox.RRRRRRR.oooooooxooooox
20:  oxooooooxoo.RRRRRRRRR.oooxooooooxo
21:  xoooxooooo.YYYYYYYYYY.oooxooooxoo
22:  ooxooooooxooooo.CCC.ooooooooxooooxoo
23:  ooooooxooo.HHHHHHHHHHHHH.oxoooxoooo
24:  ooxooxoo.RRRRRRRRRRRRRR.ooxooooxoo
25:  oxoooxo.IIIIIIIIIIIIIII.oooxooxo
26:  oooxoo.SSSSSSSSSSSSSSSSSS.ooxoooo
27:  oooxoooxooooooo.TTT.ooooooooooooxoo
28:  ooxoo.MMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM.oooxo
29:  xxoo.AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA.oxoo
30:  oxo.SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS.ooo
31:  ooxooooooooooo.XXX.ooooooooooooxo
32:  oxooooooooooo.XXX.ooooooooooooxxo
33:  Oh.the.weather.outside.is.frightful
34:  But.the.fire.is.so.delightful
35:  And.since.weve.no.place.to.go
36:  Let.It.Snow.Let.It.Snow.Let.It.Snow
...
```

traceroute: Star Wars

```
 6  Episode.IV
 7  A.NEW.HOPE
 8  It.is.a.period.of.civil.war
 9  Rebel.spaceships
10  striking.from.a.hidden.base
11  have.won.their.first.victory
12  against.the.evil.Galactic.Empire
13  During.the.battle
14  Rebel.spies.managed
15  to.steal.secret.plans
16  to.the.Empires.ultimate.weapon
17  the.DEATH.STAR
18  an.armored.space.station
19  with.enough.power.to
20  destroy.an.entire.planet
21  Pursued.by.the.Empires
22  sinister.agents
23  Princess.Leia.races.home
24  aboard.her.starship
25  custodian.of.the.stolen.plans
26  that.can.save.her
27  people.and.restore
28  freedom.to.the.galaxy
```

```
29  0------------------0
30  0------------------0
31  0------------------0
32  0-----------------0
33  0----------------0
34  0---------------0
35  0--------------0
36  0-------------0
37  0-----------0
38  0----------0
39  0---------0
40  0--------0
41  0-------0
42  0------0
43  0-----0
44  0----0
45  0---0
46  0--0
47  0-0
48  00
49  I
50  By.Ryan.Werber
51  When.CCIEs.Get.Bored
52  read.more.at.beaglenetworks.net
```

traceroute: bad.horse

```
28.|-- bad.horse
29.|-- bad.horse
30.|-- bad.horse
31.|-- bad.horse
32.|-- he.rides.across.the.nation
33.|-- the.thoroughbred.of.sin
34.|-- he.got.the.application
35.|-- that.you.just.sent.in
36.|-- it.needs.evaluation
37.|-- so.let.the.games.begin
38.|-- a.heinous.crime
39.|-- a.show.of.force
40.|-- a.murder.would.be.nice.of.course
41.|-- bad.horse
42.|-- bad.horse
43.|-- bad.horse
44.|-- he-s.bad
45.|-- the.evil.league.of.evil
46.|-- is.watching.so.beware
47.|-- the.grade.that.you.receive
48.|-- will.be.your.last.we.swear
49.|-- so.make.the.bad.horse.gleeful
50.|-- or.he-ll.make.you.his.mare
51.|-- o_o
52.|-- you-re.saddled.up
53.|-- there-s.no.recourse
54.|-- it-s.hi-ho.silver
55.|-- signed.bad.horse
```

Хоровод без ёлочки

```
 1.|-- ge-9-1.ce26.ams-01.nl.leaseweb.net          0.0%
 2.|-- xe-7-2-1.br01.ams-01.nl.leaseweb.net        0.0%
 3.|-- be-101.bb03.ams-01.leaseweb.net             0.0%
 4.|-- ge-1-1-1-501.edge00.nik.nl.hso-group.net    0.0%
 5.|-- xe-0-1-2-0.pe-r-01.thn.uk.hso-group.net     0.0%
 6.|-- et-0-2-0-0.pe-r-00.thn.uk.hso-group.net     0.0%
 7.|-- xe-0-1-2-0.pe-r-00.gs1.uk.hso-group.net     0.0%
 8.|-- ae0-1203.edge00.sov.uk.hso-group.net        0.0%
 9.|-- ???                                         100.0
10.|-- ae0-1203.edge00.sov.uk.hso-group.net        0.0%
11.|-- ???                                         100.0
12.|-- ae0-1203.edge00.sov.uk.hso-group.net        0.0%
13.|-- ???                                         100.0
14.|-- ae0-1203.edge00.sov.uk.hso-group.net        0.0%
15.|-- ???                                         100.0
16.|-- ae0-1203.edge00.sov.uk.hso-group.net        0.0%
17.|-- ???                                         100.0
18.|-- ae0-1203.edge00.sov.uk.hso-group.net        0.0%
19.|-- ???                                         100.0
20.|-- ae0-1203.edge00.sov.uk.hso-group.net        0.0%
21.|-- ???                                         100.0
22.|-- ae0-1203.edge00.sov.uk.hso-group.net        0.0%
```

QRATORLABS

Динамическая маршрутизация

- BGP, OSFP, …
- есть защита от циклов
- BGP может сходиться несколько минут
- в основном кратковременные циклы
- залипшие маршруты
- разные маски: агрегация, неполные таблицы, …

Ошибки конфигурации

- неиспользуемые адреса / NAT-пулы
  - провайдер: 192.0.2.0/24 → клиент
  - клиент:
    - 192.0.2.0/25 — есть маршрут
    - 192.0.2.128/25 — по default → провайдер
- долговременные циклы

Предотвращение ошибок

- клиент
  - null route: 192.0.2.0/24 → null
  - лучше всегда делать
  - vlan down → нет маршрута
- провайдер
  - блокируем spoof (BCP38) где можно

Проблемы

- загрузка канала
  - TTL >200, 2 хопа → 100-кратное усиление
  - цель DoS-атак
  - платный трафик
- другие проблемы
  - средство DoS-атак
  - возможность спуфинга из сети

Статьи по теме

- Flooding Attacks by Exploiting Persistent Forwarding Loops (2005), Jianhong Xia, Lixin Gao, Teng Fei
- Weaponizing Middleboxes for TCP Reflected Amplification (2021), Kevin Bock, Abdulrahman Alaraj, Yair Fax, Yair Fax, Eric Wustrow, Dave Levin
  - “We were unable to terminate the barrage of packets sent to us … the traffic stopped after approximately six days … We believe the reason they finally stopped was because the routing loop eventually dropped a packet.”

Статьи по теме

- Using Loops Observed in Traceroute to Infer the Ability to Spoof (2017), Qasim Lone, Matthew Luckie, Maciej Korczyński, Michel van Eeten
- Hunting down the stuck BGP routes (2021), Ben Cox
- The Risks and Dangers of Amplified Routing Loops (2021), Andree Toonk

Косметическая проблема

Я: у вас цикл маршрутизации, вот трейс

П: это NAT-пул, цикл бы заметил наш мониторинг

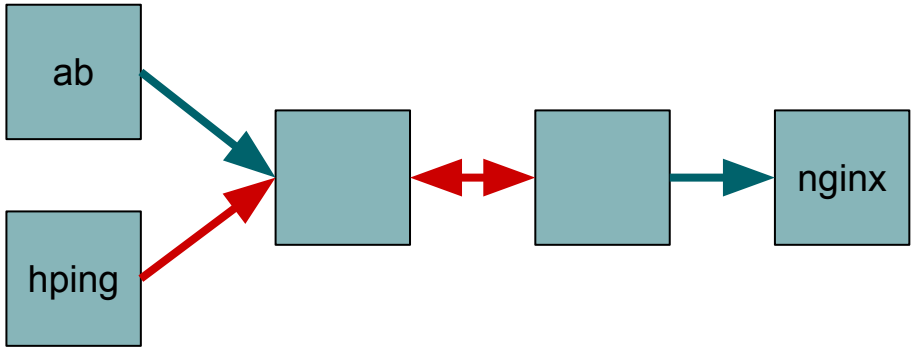
...

П: это не цикл “по определению”, адреса не настроены на интерфейсе и направляются в default, но это косметическая проблема

Цикл всё ещё на месте (>4 лет).

Симуляция загрузки цикла

- 3 сервера
  - nginx (сервер)
  - ab (клиент)
  - hping (флуд)
- 2 L3-коммутатора
- каналы
  - сервер-коммутатор: 10G
  - коммутатор-коммутатор: 40G

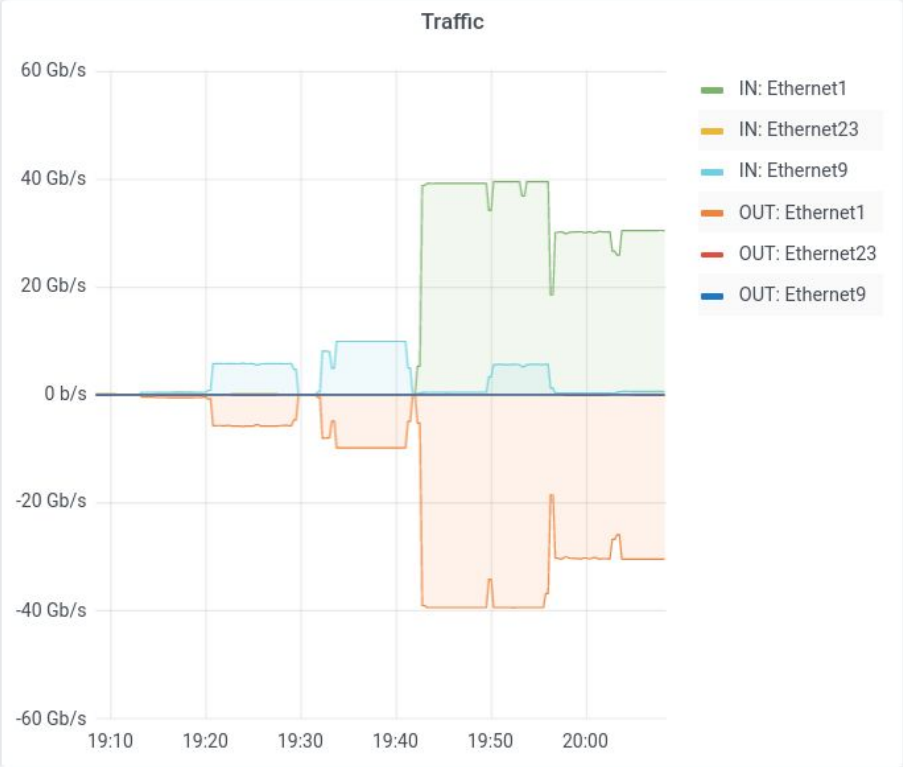


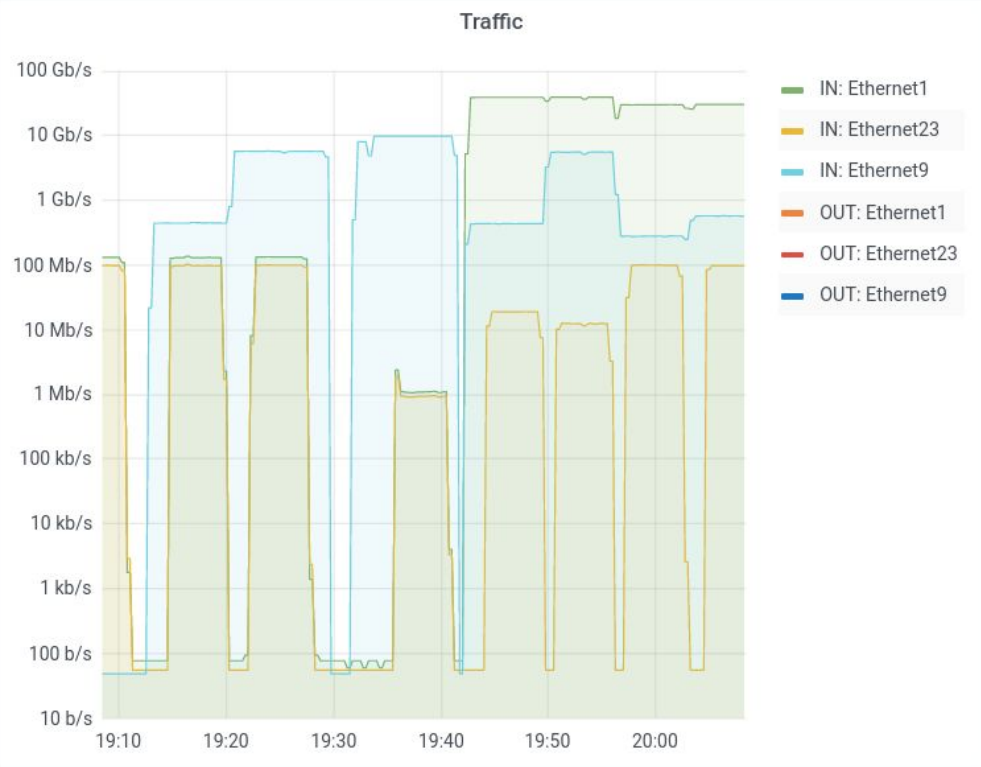
QRATORLABS

Симуляция загрузки цикла

- клиент
  - ab -r -t 300 -n 10000000 -c 100 …
  - 100 потоков
  - до 5 минут или 10M запросов
- флуд
  - hping -2 -p 80 -t 220 [-d 1400] [-i u20|--flood] …
  - в сервер / в цикл
  - скорость, размер пакета

Симуляция: графики каналов

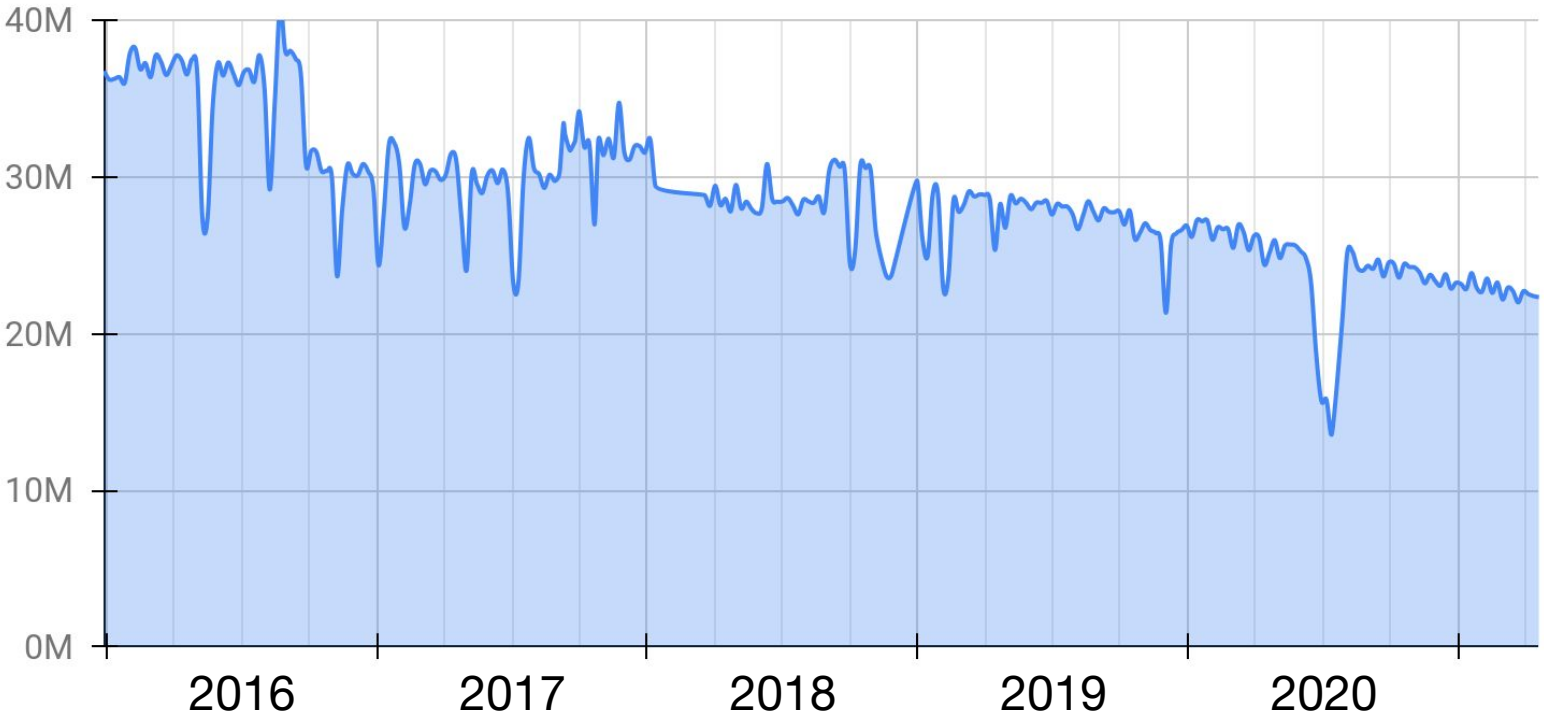




Симуляция: измерения

тип флуда	величина	нагрузка	запросы/с	замедление
без флуда	0	0	27.8k	
сервер	450M	450M	27.6k	
сервер	5.8G	5.8G	28.1k	
сервер	9.9G	9.9G	257	108
цикл	440M	39G	5.3k	5.2
цикл	5.6G	39G	3.8k	8
цикл (мал.)	280M	30G	28.1k	
цикл (мал.)	570M	30G	27.5k	

Статистика от Qrator.Radar



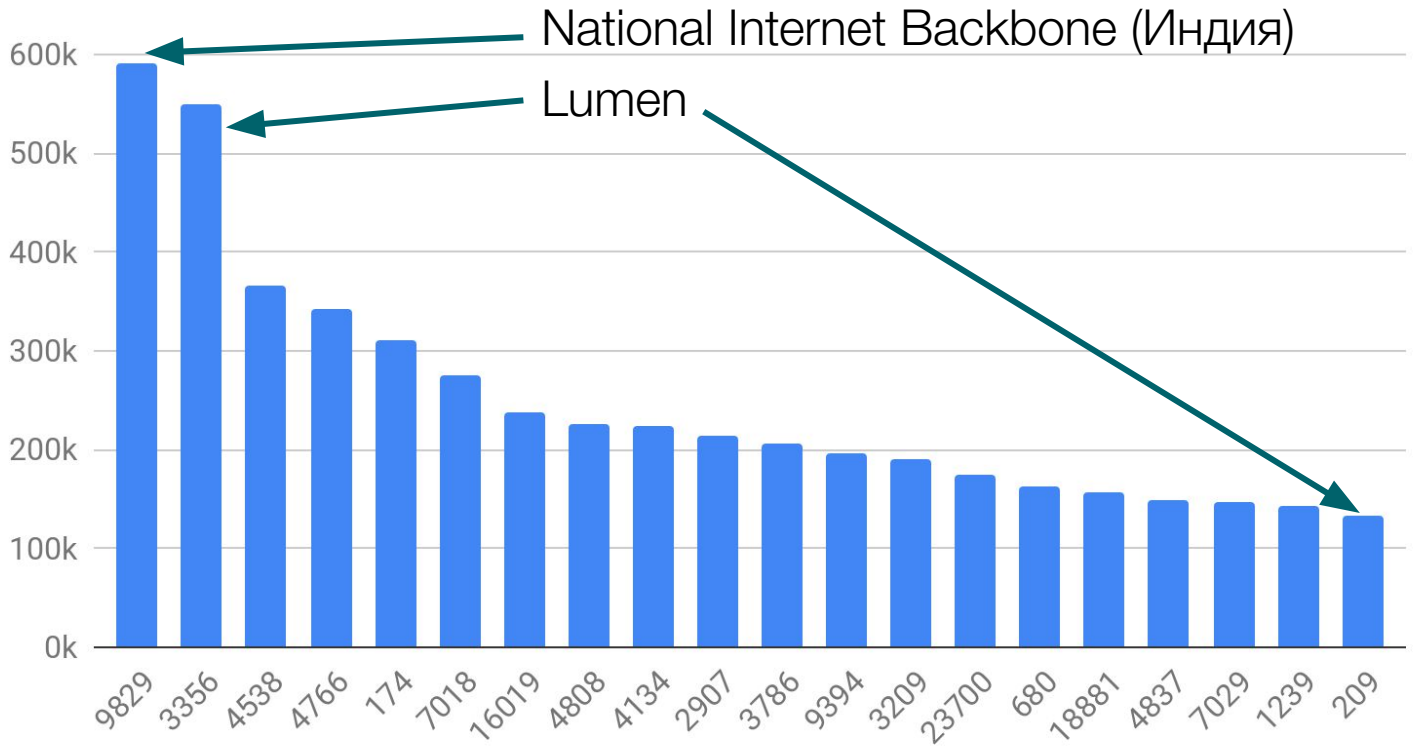
Исследование циклов

- сканирование Интернета
  - ICMP, 4 пробы TTL 125—128
  - TTL exceeded → цикл
- 28.3M адресов (1.1% из всех активных)
  - на самом деле больше
  - не все отвечают
  - возможны потери

Исследование циклов

- 25.5к автономных систем (35% из всех активных)
  - топ 20 номеров AS — 17.6% всех циклов
  - самые разные
  - в том числе сети CDN и защиты от DDoS
  - в том числе широко известные

Исследование циклов



Исследование циклов

- амплификация
  - 4 пробы → 4.23 ответа в среднем
  - >100к ответов на одну пробу
  - самый активный маршрутизатор — 6.4% ответов
  - несколько с одного адреса
  - с разных адресов
  - разные, но с одинаковым концом

Исследование циклов

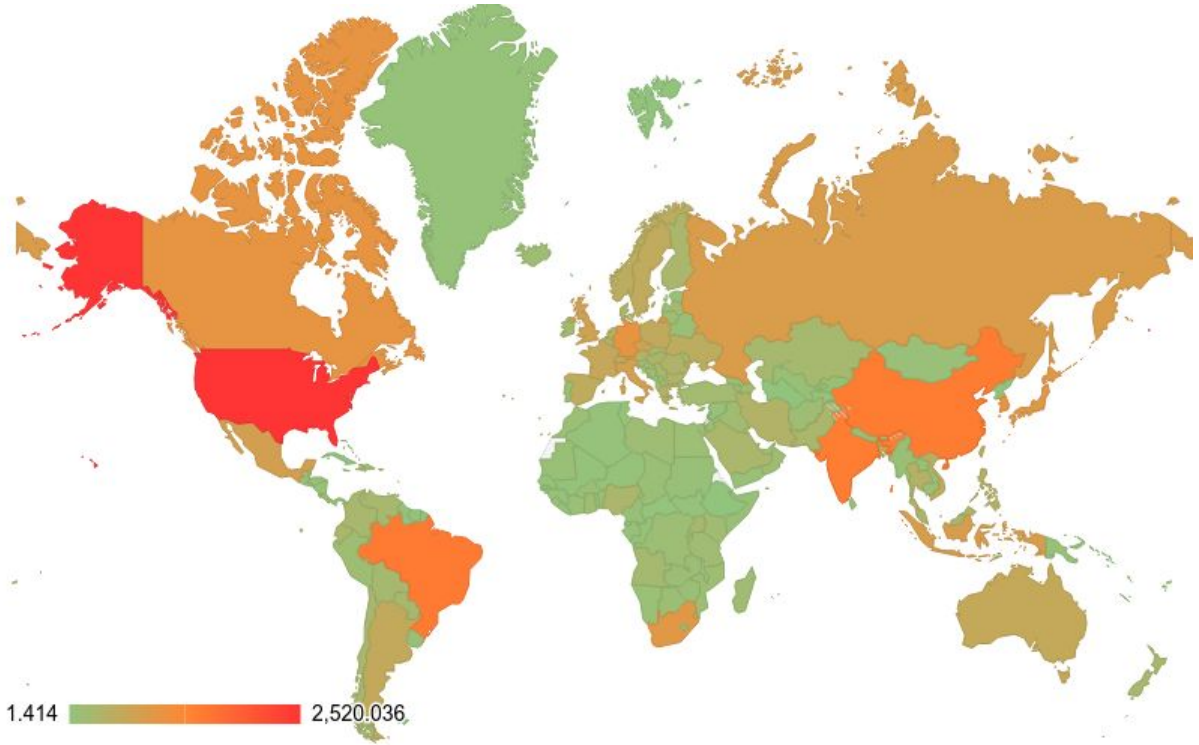
- уникальные циклы
  - трудно сопоставить
    - пропущенные ответы
    - повторяющиеся адреса
    - множественные адреса
  - >100к циклов несколько раз повторяется
- 585к уникальных адресов маршрутизаторов
  - 20.0к автономных систем

Исследование циклов

- длина цикла
  - от 1 до 34 хопов
  - 2 хопа — больше половины
- до 7 автономных систем
- до 8 стран
- время прохождения цикла
  - 1 хоп — до 18 секунд
  - 2 хопа — до 8 секунд

Статистика по странам

22.4%	США
7.6%	Бразилия
7.2%	Китай
7.0%	Индия
3.6%	Южная Корея
3.5%	Германия
3.4%	Канада
3.0%	Япония
2.9%	Южная Африка
2.4%	Россия



Регион ENOG

позиция	страна	циклы
10	Россия	689к
23	Украина	231к
57	Казахстан	56.3к
71	Латвия	30.3к
74	Литва	28.8к
78	Азербайджан	23.7к
88	Армения	19.3к
110	Грузия	12.2к
120	Молдова	8.6к
123	Эстония	8.2к

позиция	ASN	название	циклы
88	AS12389	Ростелеком (RU)	40.4к
93	AS12530	Київстар (UA)	39.0к
108	AS29355	Kcell (KZ)	32.8к
118	AS20485	Транстелеком (RU)	31.2к

Сеть темна и полна ужасов

около 500 ошибок в ответ на 1 пинг

```
02:44:44.628392 IP 130.88.118.250 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.628392 IP 130.88.116.126 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.628552 IP 130.88.116.126 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.628944 IP 130.88.116.126 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.645634 IP 130.88.118.250 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.645872 IP 130.88.118.250 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.646357 IP 130.88.116.126 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.647456 IP 130.88.118.250 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.647594 IP 130.88.116.126 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.647921 IP 130.88.116.126 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.651247 IP 130.88.116.126 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.656137 IP 130.88.118.250 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:44.656902 IP 130.88.116.126 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
...
02:44:45.293832 IP 130.88.116.61 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:45.338794 IP 130.88.116.61 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
02:44:45.343614 IP 130.88.116.61 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
```

Сеть темна и полна ужасов

37 разных адресов отвечает на 1 пинг

```
12:39:35.137148 IP 91.250.182.149 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.137148 IP 91.250.182.112 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.137148 IP 91.250.186.48 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.137452 IP 91.250.187.6 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.137452 IP 91.250.178.85 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.137452 IP 91.250.181.59 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.138024 IP 91.250.184.116 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.138040 IP 91.250.186.241 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
...
12:39:35.138846 IP 91.250.187.170 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.138856 IP 91.250.176.57 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.138859 IP 91.250.176.59 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.139178 IP 91.250.176.132 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.139185 IP 91.250.185.108 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.139187 IP 91.250.183.58 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.139190 IP 91.250.180.243 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.139192 IP 91.250.184.245 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
12:39:35.139384 IP 91.250.186.206 > 192.168.0.2: ICMP time exceeded in-transit, length 36
```

Сеть темна и полна ужасов

цикл 17 хопов, 15 подряд не отвечают

```
42. dis4-torontoxn_ae1.net.bell.ca
43. 67.69.163.242
44. ???
45. ???
46. ???
47. ???
48. ???
49. ???
50. ???
51. ???
52. ???
53. ???
54. ???
55. ???
56. ???
57. ???
58. ???
```

Сеть темна и полна ужасов

иногда и 16 подряд не отвечают (цикл 33 хопа)

```
48. be-1412-cr12.pittsburgh.pa.ibone.comcast.net (96.110.38.158)
49. be-301-cr14.350ecermak.il.ibone.comcast.net (96.110.39.157)
50. be-1214-cs02.350ecermak.il.ibone.comcast.net (96.110.35.53)
51. be-1211-cr11.350ecermak.il.ibone.comcast.net (96.110.35.6)
52. be-302-cr11.1601milehigh.co.ibone.comcast.net (96.110.37.150)
53. be-1311-cs03.1601milehigh.co.ibone.comcast.net (96.110.39.73)
54. be-1314-cr14.1601milehigh.co.ibone.comcast.net (96.110.39.122)
55. be-304-cr14.champa.co.ibone.comcast.net (96.110.39.13)
56. be-1214-cs02.champa.co.ibone.comcast.net (96.110.37.245)
57. be-1211-cr11.champa.co.ibone.comcast.net (96.110.37.198)
58. be-302-cr01.seattle.wa.ibone.comcast.net (96.110.36.214)
59. be-10846-pe01.seattle.wa.ibone.comcast.net (68.86.86.90)
60. 96-87-8-90-static.hfc.comcastbusiness.net (96.87.8.90)
61. border1.ae2-bbnet2.sef.pnap.net (63.251.160.68)
62. usd-30.edge1.sef.pnap.net (64.94.137.194)
63. core.sea.dedicated.com (167.160.89.2)
64. 167.160.89.18
65. ???
66. ???
67. ???
68. ???
69. ???
70. ???
71. ???
72. ???
73. ???
74. ???
75. ???
76. ???
77. ???
78. ???
79. ???
80. ???
```

Сеть темна и полна ужасов

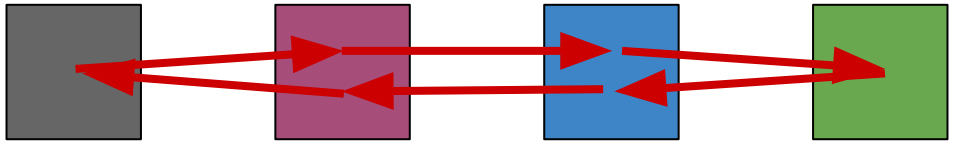
цикл 34 хопа, все в одной сети

12. sto-ste-dr1-ar1.sto-vas29-dr1.bahnhof.net
13. sto-vas29-dr1-ar1.sto-kn4-ar1.bahnhof.net
14. sto-kn4-dr1.sto-kn5-dr1.bahnhof.net
15. sto-kn5-dr1.sto-kn5-dr2.bahnhof.net
16. sto-kn5-dr2.sto-sh-dr1.bahnhof.net
17. sto-sh-dr1.sto-ss-dr1.bahnhof.net
18. sto-ss-dr1.sto-ens-dr1.bahnhof.net
19. sto-ens-dr1.sto-ars-dr1.bahnhof.net
20. sto-ars-dr1.sto-orby-dr1.bahnhof.net
21. sto-orby-dr1.hde-hud-dr1.bahnhof.net
22. hde-hud-dr1.bot-tul-dr1.bahnhof.net
23. bot-tul-dr1.bot-tb-dr1.bahnhof.net
24. bot-tb-dr1.sod-sdt-dr2.bahnhof.net
25. sod-sdt-dr2.sod-sdt-dr1.bahnhof.net
26. sod-sdt-dr1.sod-hfv-ar1.bahnhof.net
27. bka-tgv1-ar1.sod-hfv-ar1.bahnhof.net
28. sod-hfv-ar1.bka-tgv1-ar1.bahnhof.net
29. sod-hfv-ar1.sod-sdt-dr1.bahnhof.net
30. sod-sdt-dr1.sod-sdt-dr2.bahnhof.net
31. sod-sdt-dr2.bot-tb-dr1.bahnhof.net
32. bot-tb-dr1.bot-tul-dr1.bahnhof.net
33. bot-tul-dr1.hde-hud-dr1.bahnhof.net
34. hde-hud-dr1.sto-orby-dr1.bahnhof.net
35. sto-orby-dr1.sto-ars-dr1.bahnhof.net
36. sto-ars-dr1.sto-ens-dr1.bahnhof.net
37. sto-ens-dr1.sto-ss-dr1.bahnhof.net
38. sto-ss-dr1.sto-sh-dr1.bahnhof.net
39. sto-sh-dr1.sto-kn5-dr2.bahnhof.net
40. sto-kn5-ar1.sto-soder-dr1.bahnhof.net
41. sto-soder-dr1.sto-soder-dr2.bahnhof.net
42. sto-soder-dr1.sto-pio-dr1.bahnhof.net
43. sto-pio-dr1.sto-ste-dr3.bahnhof.net
44. sto-ste-dr2.sto-ste-dr3.bahnhof.net
45. sto-ste-dr2.sto-ste-dr1.bahnhof.net

Сеть темна и полна ужасов

циклы бывают “плоские”

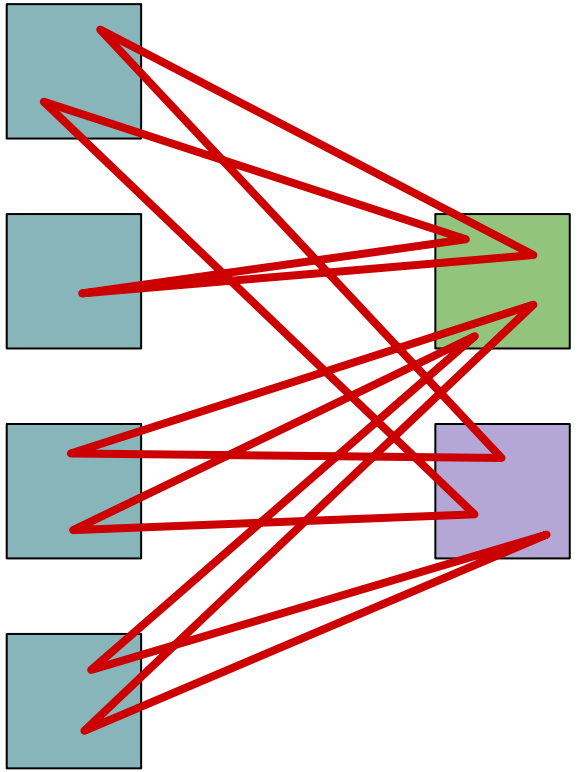
```
15. 140.156.broadband18.iol.cz (109.81.156.140)
16. 194.228.159.255
17. 194.228.190.142
18. 194.228.190.141
19. 194.228.190.142
20. 194.228.159.255
```



Сеть темна и полна ужасов

а бывают и такие

```
37. AS23498     69.77.169.22
38. AS174       38.131.181.74
39. AS23498     158.106.103.38
40. AS174       38.131.181.74
41. AS23498     69.77.169.22
42. AS395965    69.194.36.66
43. AS23498     158.106.103.62
44. AS174       38.131.181.74
45. AS23498     69.77.169.42
46. AS395965    69.194.36.66
47. AS23498     69.77.169.42
48. AS174       38.131.181.74
49. AS23498     158.106.103.62
50. AS395965    69.194.36.66
```



- Qrator.Radar
  - https://radar.qrator.net/
  - циклы
  - амплификаторы
  - BGP инциденты
- Александр Зубков
  - green@qrator.net