



Originální nástroj FlowPing a jeho využití v F-Testeru[®] pro měření 5G sítí

Ondřej Vondrouš, Zbyněk Kocur

f-tester@fel.cvut.cz

<https://flowping.fel.cvut.cz>

<https://f-tester.fel.cvut.cz>



FlowPing

SW tester a generátor datového provozu

- Je jednou z klíčových součástí F-Testeru
- Využívá UDP nad IPv4 a IPv6
- Základní výstup velice podobný klasické aplikaci ping (využívající ICMP Echo)
- Přidává možnost definovat charakter datového toku
- Pracuje v režimu klient / server
 - Klient: `./flowping -h example.com -s 1400 -i 0.1 -c 10`
 - Server: `./flowping -S -q`

Nevyhovují vám dostupná řešení? Vytvořte si vlastní!





FlowPing

SW tester a generátor datového provozu

```
root@mail:~# ./flowping -h zero.0xff.cz -s 1400 -i 0.1 -c 10
... Pinging zero.0xff.cz with 1400 bytes of data:
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=1 time=22.1602 jitter=1.38501,
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=2 time=17.1769 jitter=1.60991,
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=3 time=17.4266 jitter=1.5249,
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=4 time=17.2341 jitter=1.44162,
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=5 time=17.2617 jitter=1.35325,
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=6 time=17.0292 jitter=1.28321,
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=7 time=17.0093 jitter=1.20425,
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=8 time=17.0843 jitter=1.13367,
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=9 time=17.2717 jitter=1.07453,
1400 bytes from zero.0xff.cz seq=10 time=17.0846 jitter=1.01907,

... 10 packets transmitted, 10 packets received, 0.000% packet loss
... round-trip time min/avg/max = 17.009/17.674/22.160 ms, test duration 1.010 s
```

```
[root@zero cmake-build-0xff-release]# ./flowping -S -q
FlowPing server on zero.0xff.cz waiting on port 2424

... Test from 2a02:c206:2121:8986::1 started.          [FLJ]
... Test from 2a02:c206:2121:8986::1 finished. ~ 30/30 packets processed.

... Test from 31.220.80.213 started.                  □
... Test from 31.220.80.213 finished. ~ 10/10 packets processed.

... Test from 2a02:c206:2121:8986::1 started.          □
... Test from 2a02:c206:2121:8986::1 finished. ~ 10/10 packets processed.
```

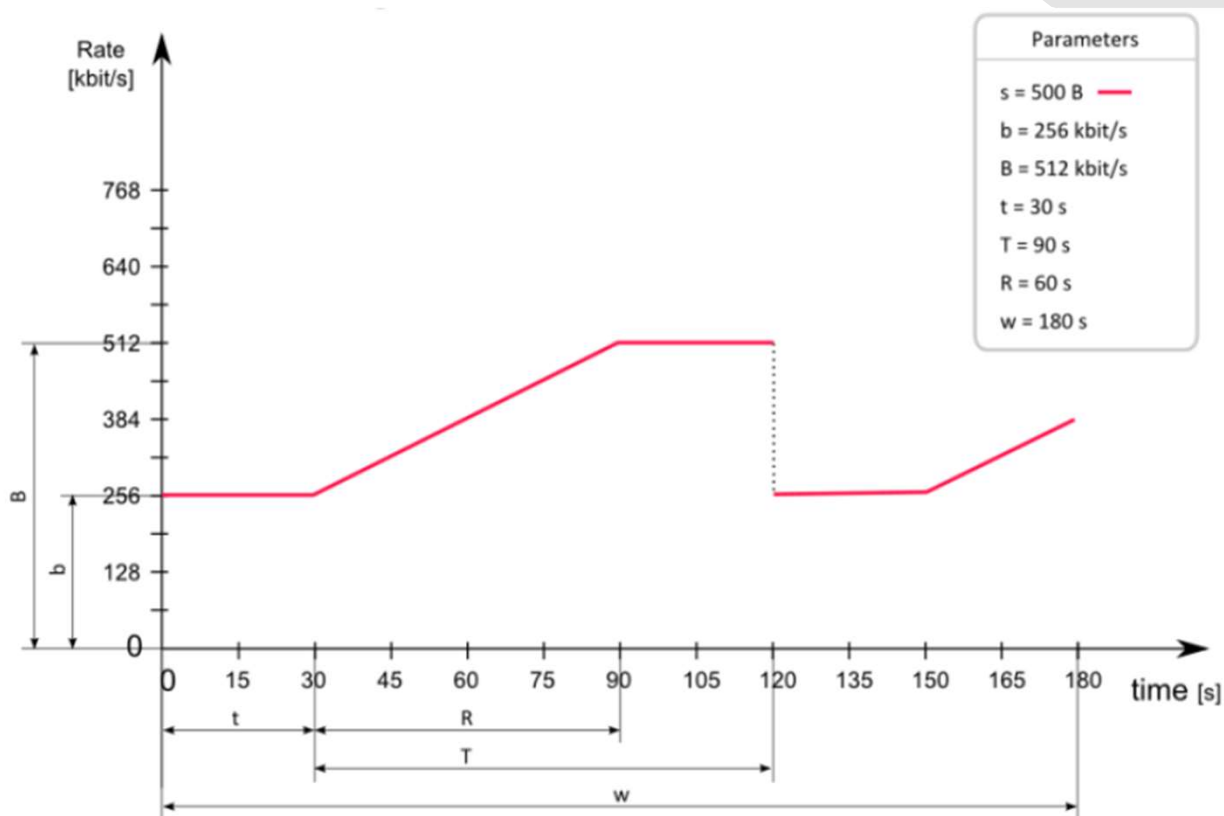




FlowPing

Pokročilé možnosti definice testů v příkazové řádce

```
./flowping -h example.com -b 256 -B 512 -t 30 -T 90 -R 60 -w 180 -s 500
```



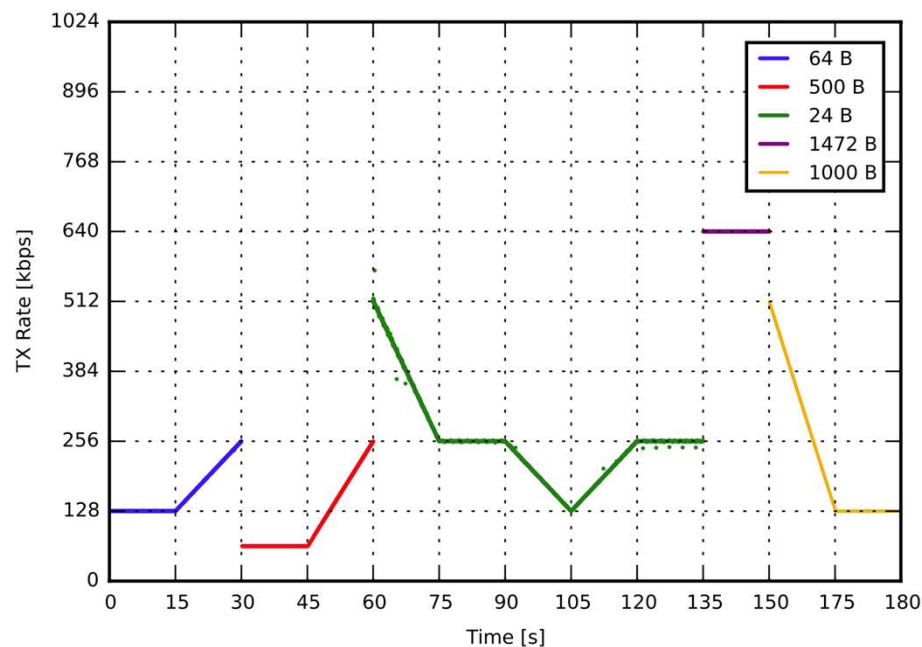


FlowPing – scénáře provozu

SW definované scénáře provozu

- Podobnost s ICMP (definice intervalu, velikosti paketů, ...)
- Provoz je možné definovat i jako bitovou rychlost (v kbps)
- Je možné definovat variabilní provoz – lineárně rostoucí / lineárně klesající
- Je možné definovat komplexní průběh v externím textovém souboru
- Symetrické / Asymetrické testy

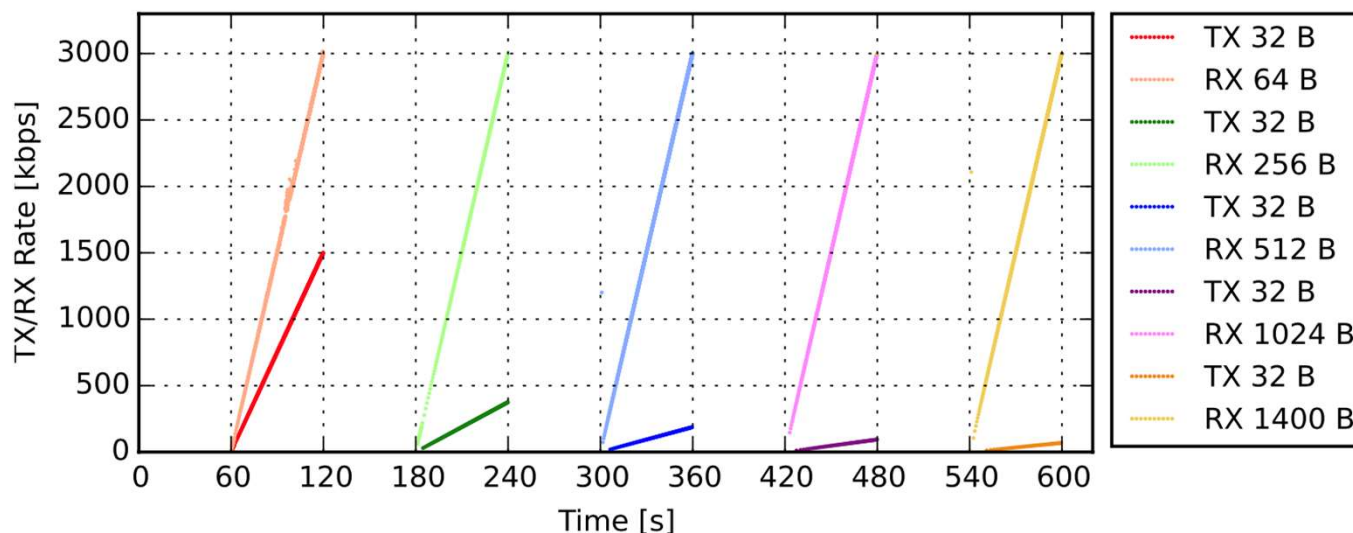
Time[s]	BitRate[kbit/s]	PacketSize[B]
0	128	64
15	128	64
30	256	64
30	64	500
45	64	500
60	256	24
60	512	24
75	256	24
90	256	24
105	128	24
120	256	24
135	256	64
135	640	1472
150	640	1472
150	512	1000
165	128	1000
180	128	1000





FlowPing – unikátní vlastnosti

- Měření RTT a Jitteru pomocí UDP (díky architektuře dotaz / odpověď)
- Asymetrické testy (možné zmenšit objem dat v jednom ze směrů komunikace)
- Speciální zátěžové profily díky proměnné rychlosti (lineárně rostoucí / klesající)
- Dva módy provozu v režimu klienta
 - Standardní – šetří CPU, chová se jako jiné běžně dostupné nástroje
 - Aktivní - vytěžuje naplno minimálně jedno CPU jádro (vyšší přesnost generování intervalů a vyšší výkon)





FlowPing - verze

<https://github.com/k13132/flowping>

3.x.x (3.0.1) (2023-Q2 předpokládaná integrace do F-Testerů)

- Vychází z optimalizované verze 2.9.x
- Výstup v klasickém režimu a JSON
- Server podporuje zápis statistik pro více souběžných spojení
- Linux, MacOS, OpenWRT / x86_64 a ARM64

2.x.x (2.9.3) FT2-Edition

- Přepsání jádra aplikace (SPSC queue a další změny)
- Začlenění podpory IPv6
- Optimalizace výkonu -> omezení nevyužívaných funkcí
- Odstranění modulu pro statistiky
- Podpora výstupu pouze ve formátu JSON
- Podpora MAC OS od verze 2.9.1

1.x.x (1.5.3)

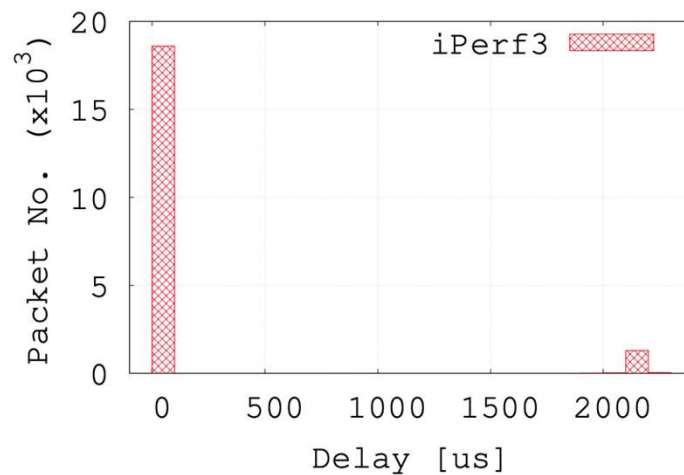
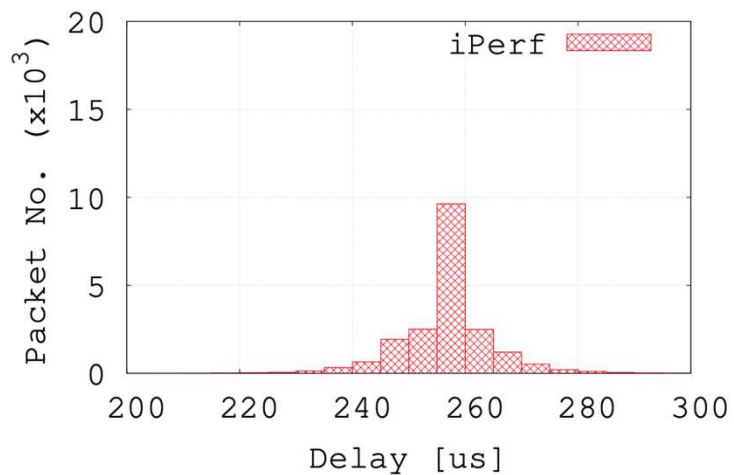
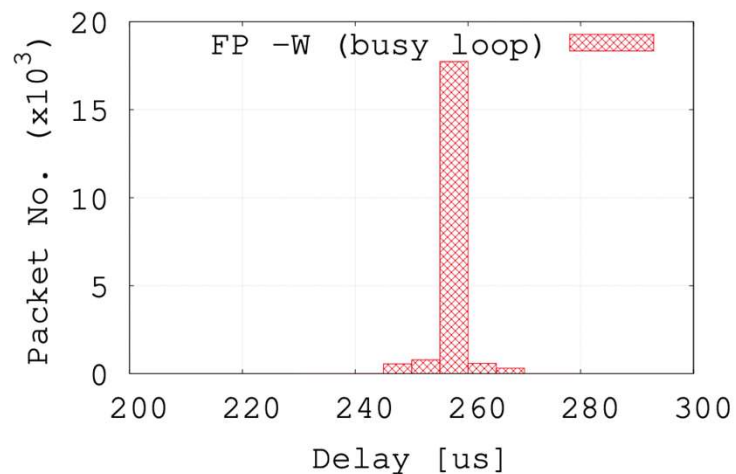
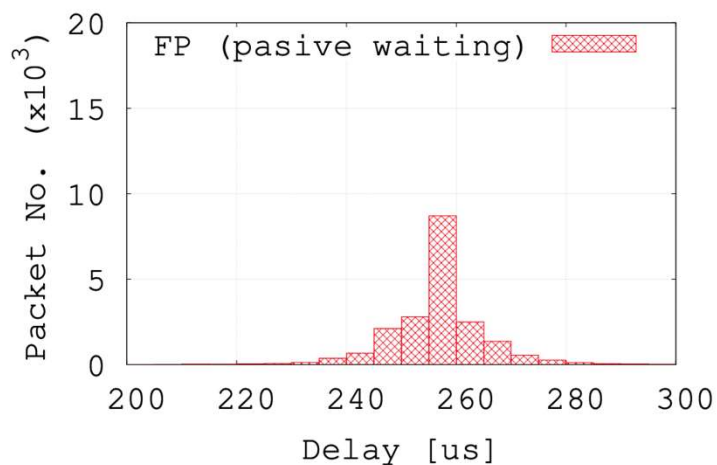
- Původní verze s výstupem v klasickém režimu
- Podpora výstupu do CSV a JSON
- Vývoj začal v roce 2012/2013 (uPing -> FPing -> FlowPing)





FlowPing – limity SW řešení

Stabilita generovaných intervalů (FlowPing, iPerf a iPerf3)

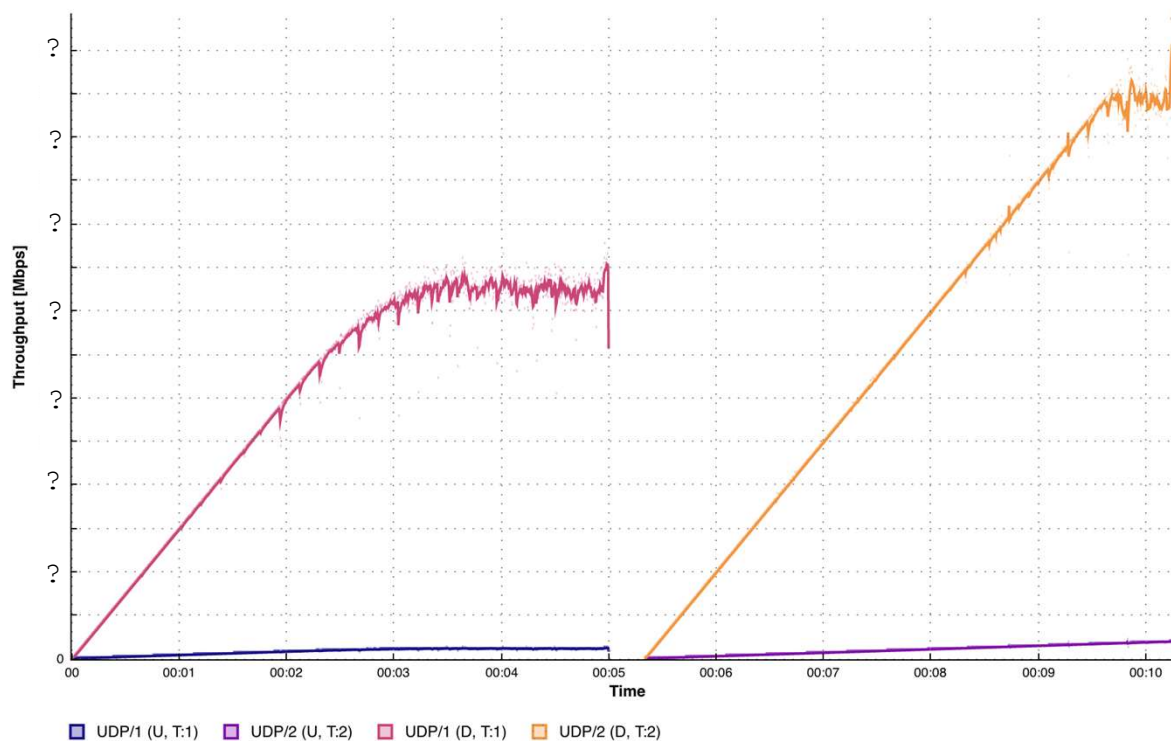




FlowPing – limity SW řešení

Co můžeme očekávat a na čem výkon závisí?

- Maximální rychlost generování paketů (TP)?
- Maximální přesnost intervalů?
- Minimální nebo ještě lépe žádná ztrátovost?





FlowPing – výstupní data

A specifika testovacího nástroje FlowPing v **per paket** a **intervalovém módu** (JSON formát)

- **Client report**

- **ts** – časová značka
- **sts** – časová značka serveru - možno dopočítat zpoždění ve směru server -> klient (a co obráceně? Stačí využít RTT / čas klienta)
- **rtt** – zpoždění ve smyčce (RTT)
- **delay** – jednocestné zpoždění
- **jitter** – rozptyl zpoždění paketů (RTT)
- **size / bytes** – velikost paketu (payloadu) / přeneseného objemu dat
- **loss** – ztrátovost paketů
- **dup_pkts** – detekce duplicitních paketů
- **ooo_pkts** – detekce paketů mimo pořadí
- **pkts** – počet přenesených paketů – v intervalovém modu
- **seq** – sekvenční číslo

- **Server report**

- **ts** – časová značka
- **cts** – časová značka klienta – možno dopočítat zpoždění ve směru klient -> server
- **delay** – jednocestné zpoždění
- **jitter** – rozptyl zpoždění paketů (delay)
- **size / bytes** – velikost paketu (payloadu) / přeneseného objemu dat
- **loss** – ztrátovost paketů
- **dup_pkts** – detekce duplicitních paketů
- **ooo_pkts** – detekce paketů mimo pořadí
- **pkts** – počet přenesených paketů – v intervalovém modu
- **seq** – sekvenční číslo





FlowPing – výstupní data

Ukázka konkrétního výstupu ve formátu JSON

```
{
  "info": {
    "start": "2023-03-06 07:45:59",
    "version": "FlowPing x86_64 3.0.1 (Feb 2 2023 11:01:00)",
    "ip_family": "IPv4",
    "remote": "zero.0xff.cz",
    "slot_duration": 1,
    "flow_id": 37719
  },
  "client_data": [
    {
      "ts": 1678085160.733885,
      "dir": "tx",
      "pkts": 9,
      "bytes": 4500,
      "seq": 1
    },
    {
      "ts": 1678085160.733885,
      "dir": "rx",
      "loss": 0.000000,
      "rtt": 27.649314,
      "delay": 8300.329970,
      "jitter": 3.356858,
      "ooo_pkts": 0,
      "dup_pkts": 0,
      "pkts": 9,
      "bytes": 4500,
      "seq": 1
    },
    {
      "ts": 1678085161.733698,
      "dir": "tx",
      "pkts": 10,
      "bytes": 5000,
      "seq": 2
    }
  ],

```

...

```
    "ooo_pkts": 0,
    "dup_pkts": 0,
    "pkts": 10,
    "bytes": 5000,
    "seq": 3
  },
  {
    "ts": 1678085162.776752,
    "dir": "tx",
    "pkts": 1,
    "bytes": 500,
    "seq": 4
  },
  {
    "ts": 1678085162.776752,
    "dir": "rx",
    "loss": 0.000000,
    "rtt": 21.736752,
    "delay": 8294.913086,
    "jitter": 2.212640,
    "ooo_pkts": 0,
    "dup_pkts": 0,
    "pkts": 1,
    "bytes": 500,
    "seq": 4
  }
],
"client_stats": {
  "tx_pkts": 30,
  "rx_pkts": 30,
  "tx_bytes": 15000,
  "rx_bytes": 15000,
  "ooo_pkts": 0,
  "dup_pkts": 0,
  "duration": 3.01
}
}
```





FlowPing – oblasti použití v 5G

A samozřejmě i v celé řadě dalších oblastí...

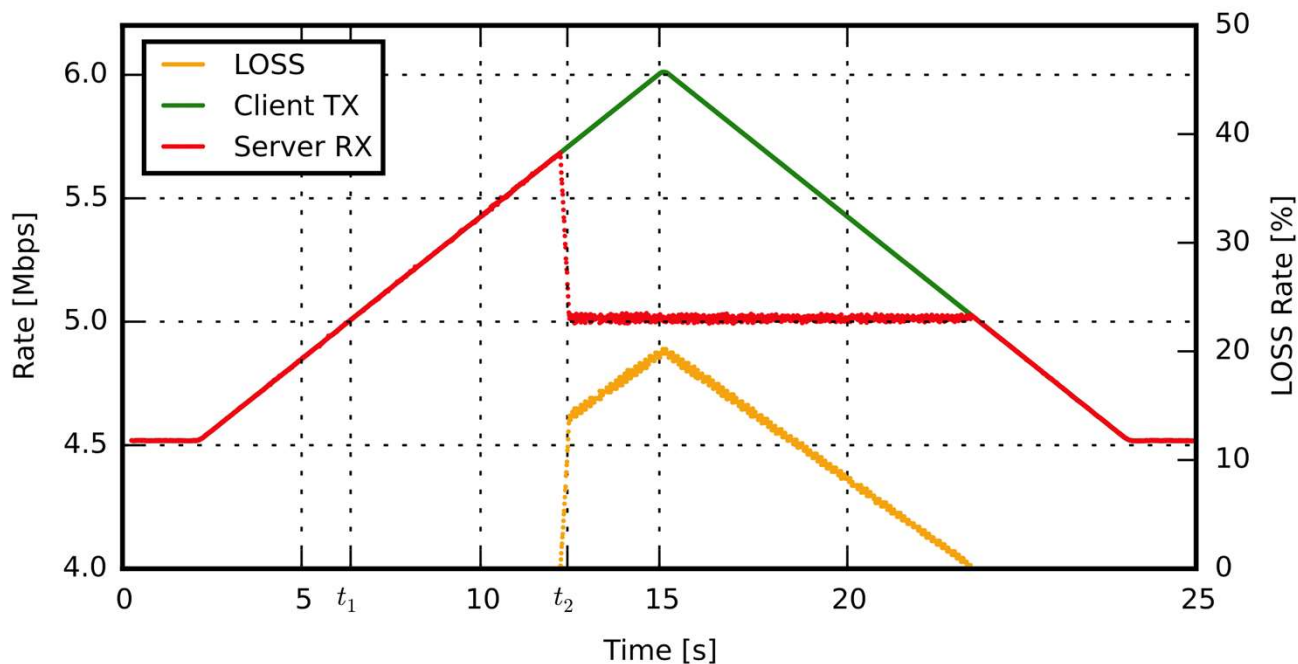
- Základní diagnostika a měření (při definované zátěži)
 - Zpoždění ve smyčce (RTT)
 - **Jednosměrné zpoždění** (problematika časové synchronizace)
 - Jitter
 - Ztrátovost
 - Pakety mimo pořadí
 - Duplicitní pakety
- Pokročilá diagnostika
 - Detekce bodu zahlcení sítě
 - Detekce nástupu různých mechanismů řízení sítě
 - Dlouhodobý monitoring přenosových cest
 - „Penetrační“ testy UDP na konkrétním portu – detekce omezení ze strany ISP, (D)DoS ochrany
 - Získání profilu měřené trasy při specifické zátěži (DriveTesty)
- Generátor parazitního provozu
 - Definované zatížení měřené sítě
 - Zahlcení měřené sítě
 - Injektáž specifického profilu provozu (například emulace provozu internetové televize – periodické „bursty“)





FlowPing – test kapacity linky

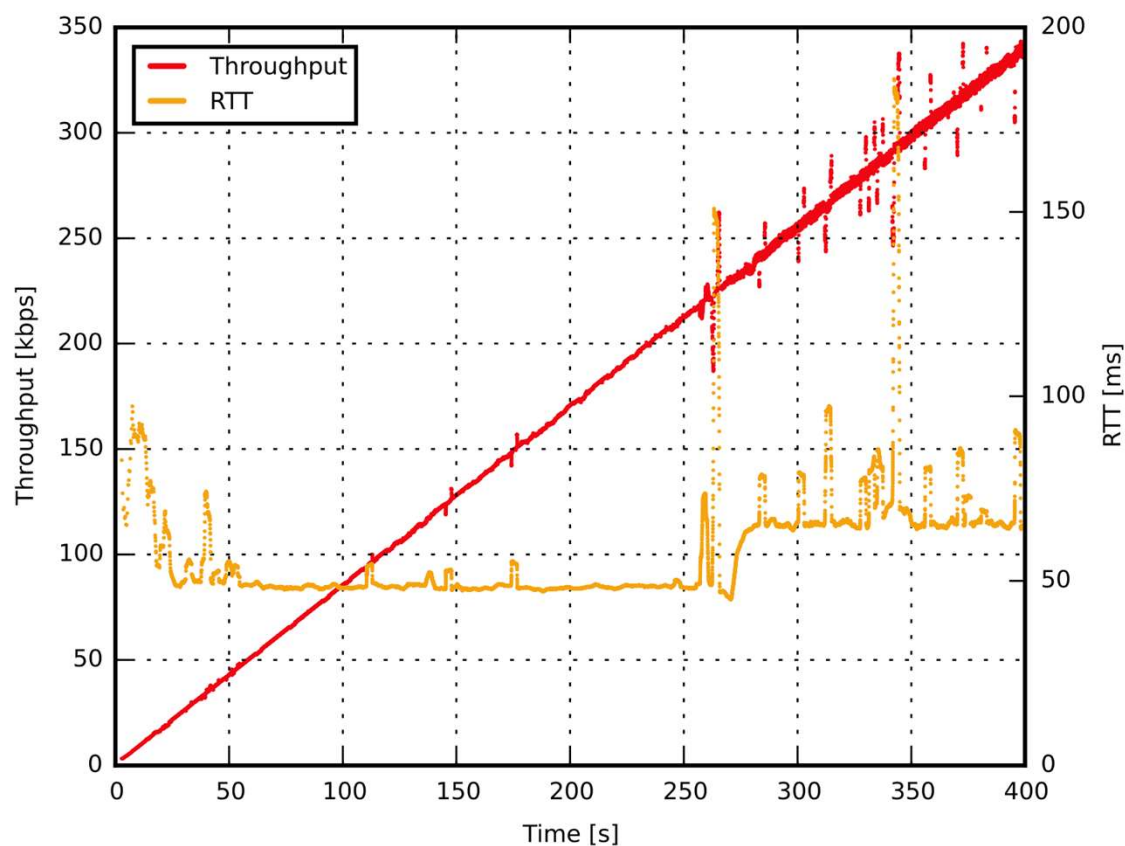
a reakce na uvolnění přenosové kapacity





FlowPing – test kapacity linky

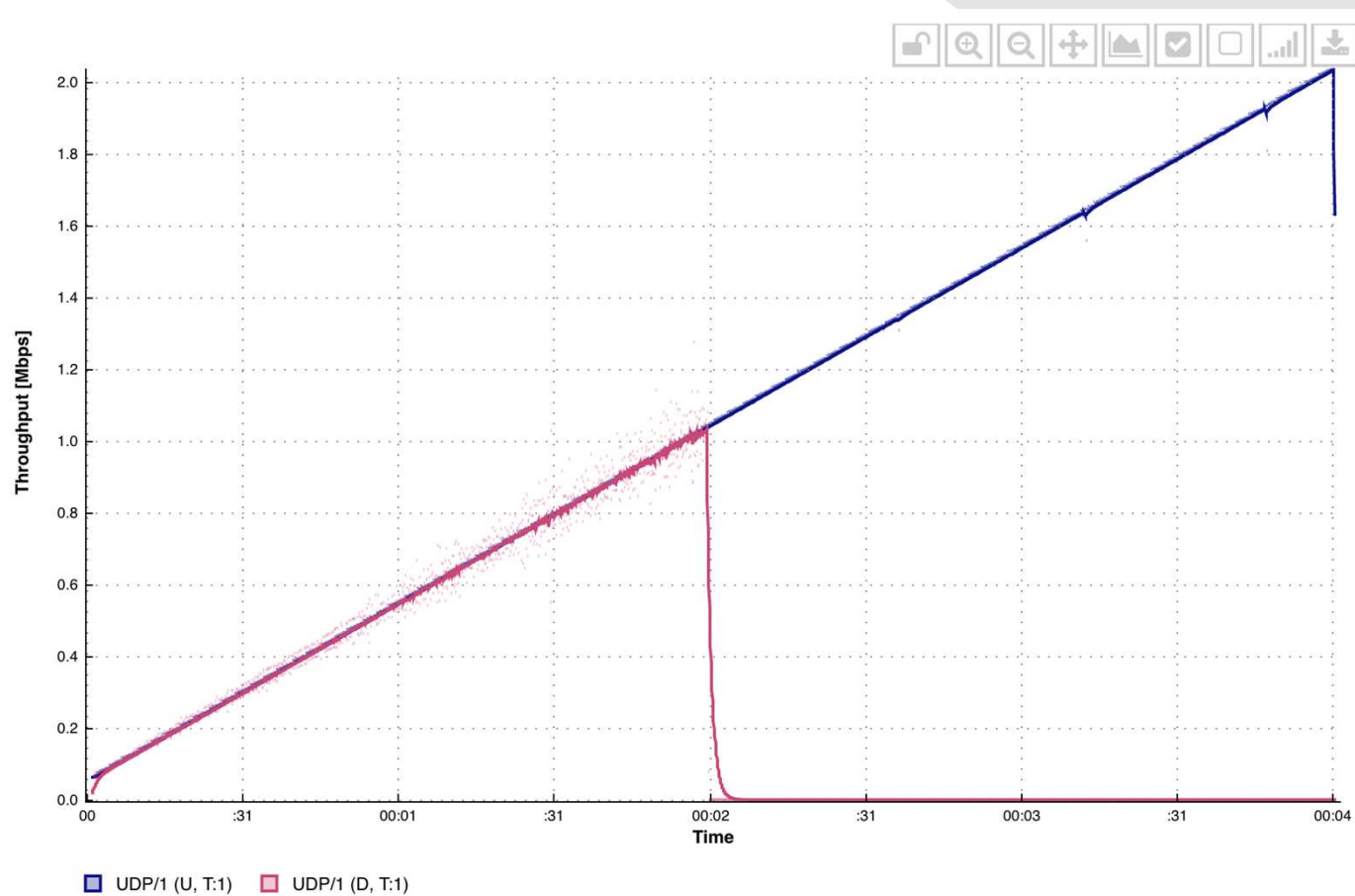
a reakce sítě na specifickou míru provozu





FlowPing – test kapacity linky

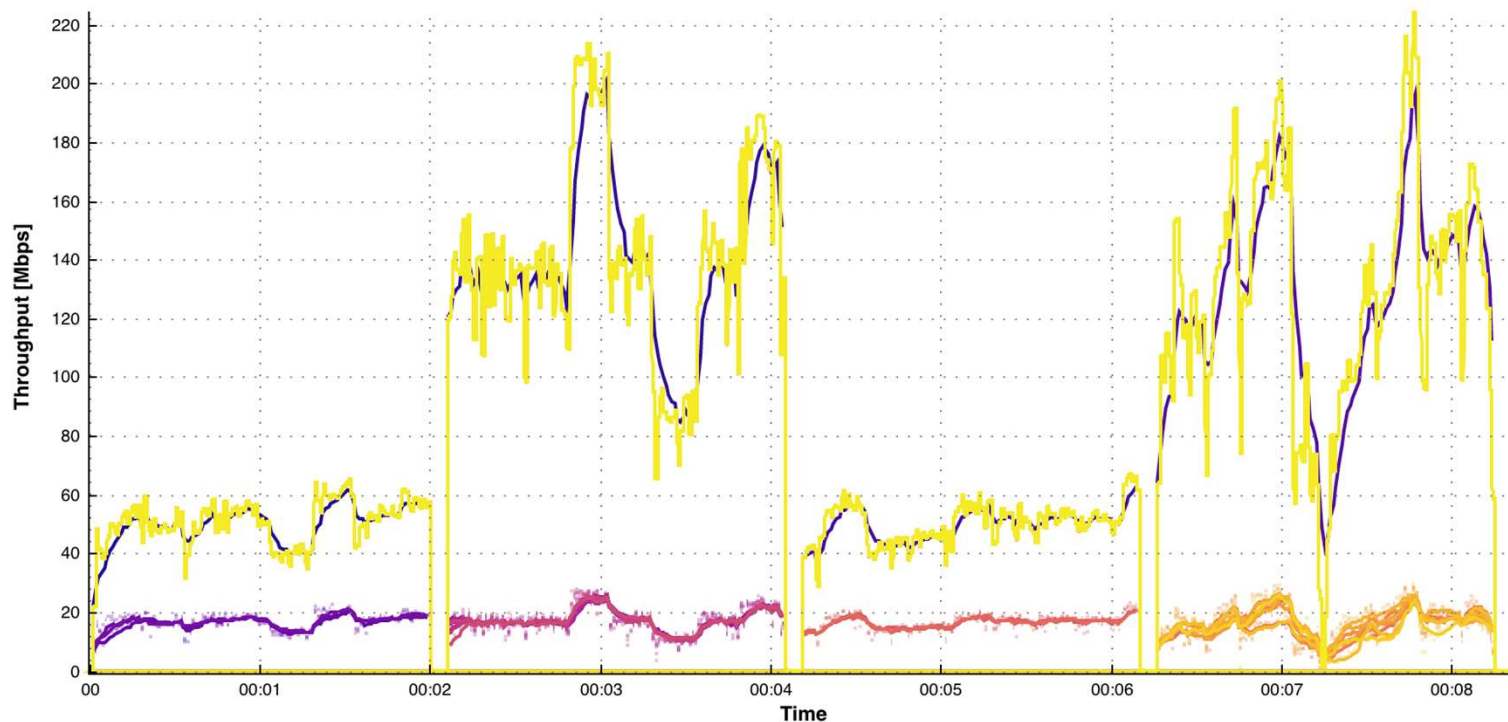
a ochrana proti (D)DoS





FlowPing – testování charakteru trasy

a co když chceme zjistit jak se chová přenosová trasa při specifickém zatížení?



- | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|
| UDP/5 (U, T:5) | TCP/1 (D, T:1) | TCP/2 (D, T:2) | TCP/3 (D, T:3) | TCP/4 (D, T:4) |
| TCP/1/0 (D, T:1) | TCP/1/1 (D, T:1) | TCP/1/2 (D, T:1) | TCP/2/0 (D, T:2) | TCP/2/1 (D, T:2) |
| TCP/2/2 (D, T:2) | TCP/2/3 (D, T:2) | TCP/2/4 (D, T:2) | TCP/2/5 (D, T:2) | TCP/2/6 (D, T:2) |
| TCP/2/7 (D, T:2) | TCP/3/0 (D, T:3) | TCP/3/1 (D, T:3) | TCP/3/2 (D, T:3) | TCP/4/0 (D, T:4) |
| TCP/4/1 (D, T:4) | TCP/4/2 (D, T:4) | TCP/4/3 (D, T:4) | TCP/4/4 (D, T:4) | TCP/4/5 (D, T:4) |
| TCP/4/6 (D, T:4) | TCP/4/7 (D, T:4) | UDP/5 (D, T:5) | SUM/0 (D, T:SUM_0) | |





FlowPing – emulace přenosové trasy

a jak dobré jsou výsledky měření? Docela slušné viz emulace přenosové trasy níže!



- | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| ■ UDP/5 (U, T:5) | ■ TCP/1 (D, T:1) | ■ TCP/2 (D, T:2) | ■ TCP/3 (D, T:3) | ■ TCP/4 (D, T:4) |
| ■ TCP/1/0 (D, T:1) | ■ TCP/1/1 (D, T:1) | ■ TCP/1/2 (D, T:1) | ■ TCP/2/0 (D, T:2) | ■ TCP/2/1 (D, T:2) |
| ■ TCP/2/2 (D, T:2) | ■ TCP/2/3 (D, T:2) | ■ TCP/2/4 (D, T:2) | ■ TCP/2/5 (D, T:2) | ■ TCP/2/6 (D, T:2) |
| ■ TCP/2/7 (D, T:2) | ■ TCP/3/0 (D, T:3) | ■ TCP/3/1 (D, T:3) | ■ TCP/3/2 (D, T:3) | ■ TCP/4/0 (D, T:4) |
| ■ TCP/4/1 (D, T:4) | ■ TCP/4/2 (D, T:4) | ■ TCP/4/3 (D, T:4) | ■ TCP/4/4 (D, T:4) | ■ TCP/4/5 (D, T:4) |
| ■ TCP/4/6 (D, T:4) | ■ TCP/4/7 (D, T:4) | ■ UDP/5 (D, T:5) | ■ SUM/0 (D, T:SUM_0) | |





FlowPing – specifika měření

aneb na co si dát pozor

- Použitá platforma
 - HW limity
 - Výkon CPU (frekvence, počet CPU jader)
 - Architektura CPU
 - Síťový adaptér (offloading, více tx/rx front, CPU afinita)
 - SW Limity
 - Typ a verze OS
 - **Optimalizace a nastavení daného OS**
- Čeho chceme při testování dosáhnout a jaký má být výsledek?
 - Maximální výkon generátoru / maximální objem generovaného provozu?
 - Maximální přesnost generátoru / měření?
 - Chceme co nejlepší obraz měřené sítě?

JE TŘEBA RESPEKTOVAT MĚŘENOU SÍŤ A LIMITY VYBAVENÍ, KTERÉ K TOMU POUŽÍVÁME!





FlowPing - shrnutí

Proč používáme FlowPing v projektech F-Tester® týmu?

- Unikátní testy typu „rampa“, „střecha“
- Možnost definovat „rozumně malé“ intervaly reportování (menší než jedna sekunda)
- Víme jak se náš nástroj chová na rozličném HW
- Víme co ovlivňuje jeho výkon, přesnost výsledků a ztrátovost paketů
- Když se nám něco nelíbí, tak si to snadno či méně snadno upravíme

Proč byste ho měli chtít používat také?

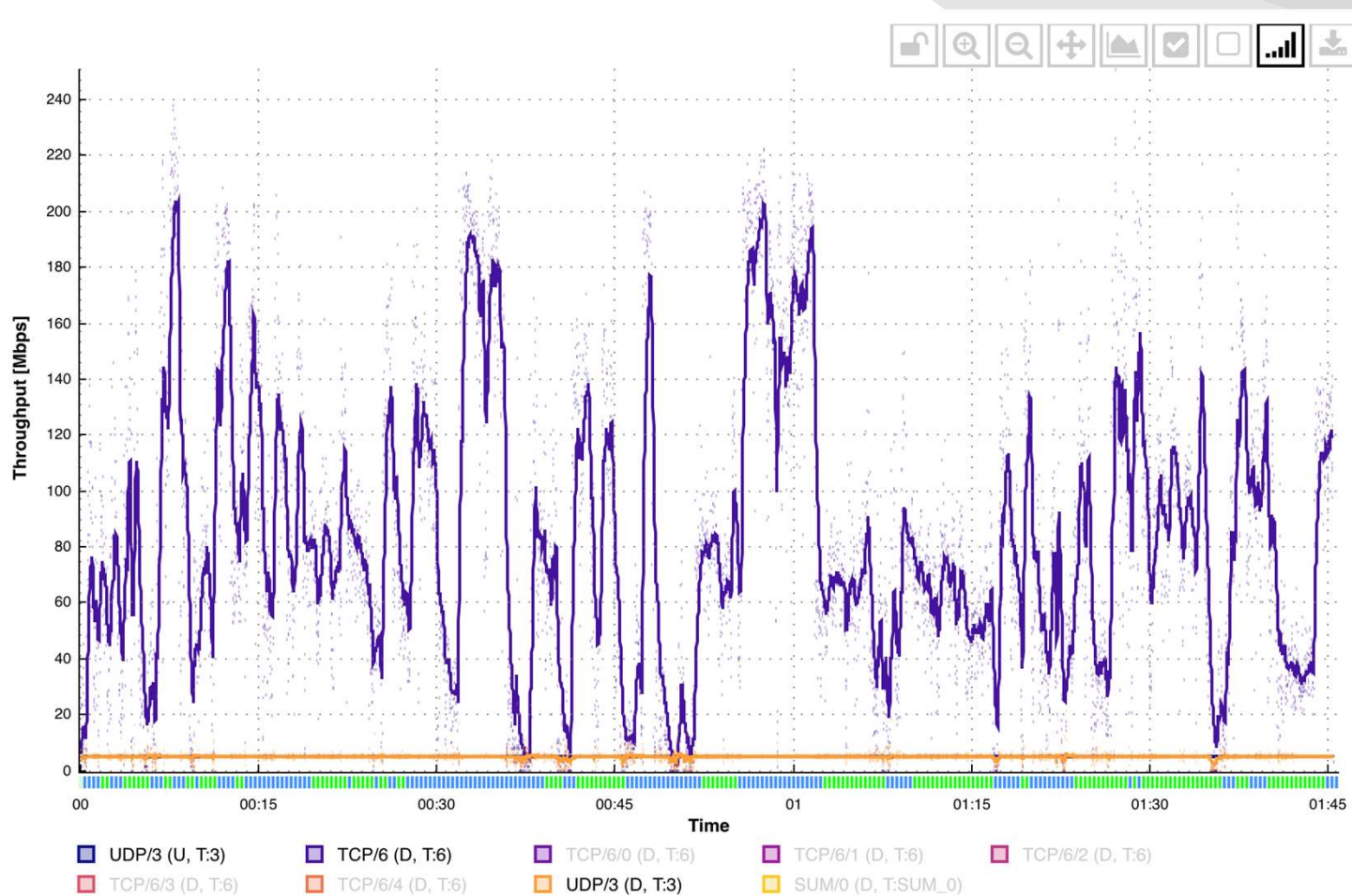
- Open source pod licencí GNU GPLv3
- Snadné použití jako ICMP ping
- Rozšířená statistika ve formátu JSON
- Snadné zpracování výstupů (JSON)
- Unikátní testy a měření RTT, jitteru (UDP) a zpoždění
- Lze definovat komplexní scénáře zátěže
- Asymetrické testy
- Podpora IPv6
- Tester a generátor provozu v jedné aplikaci
- Vyspělý SW (10 let vývoje a zdokonalování)
- Používá se v rámci F-Tester® zařízení což zaručuje kontinuální vývoj a podporu





FlowPing - Drivetesty

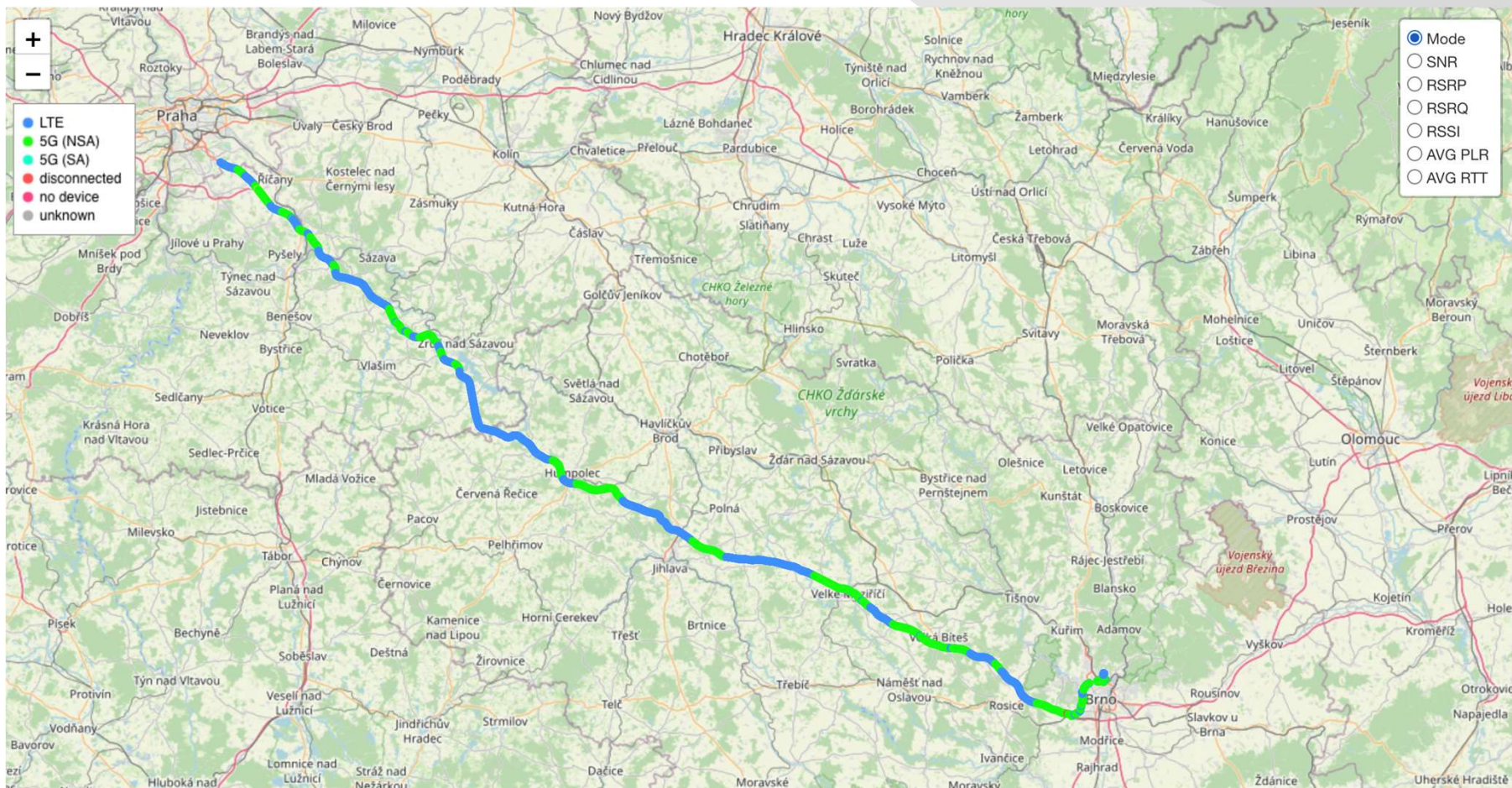
Praha -> Brno, D1, 14.2.2023, 4G a 5G, test propustnosti TCP, měření FlowPing





FlowPing – drive test

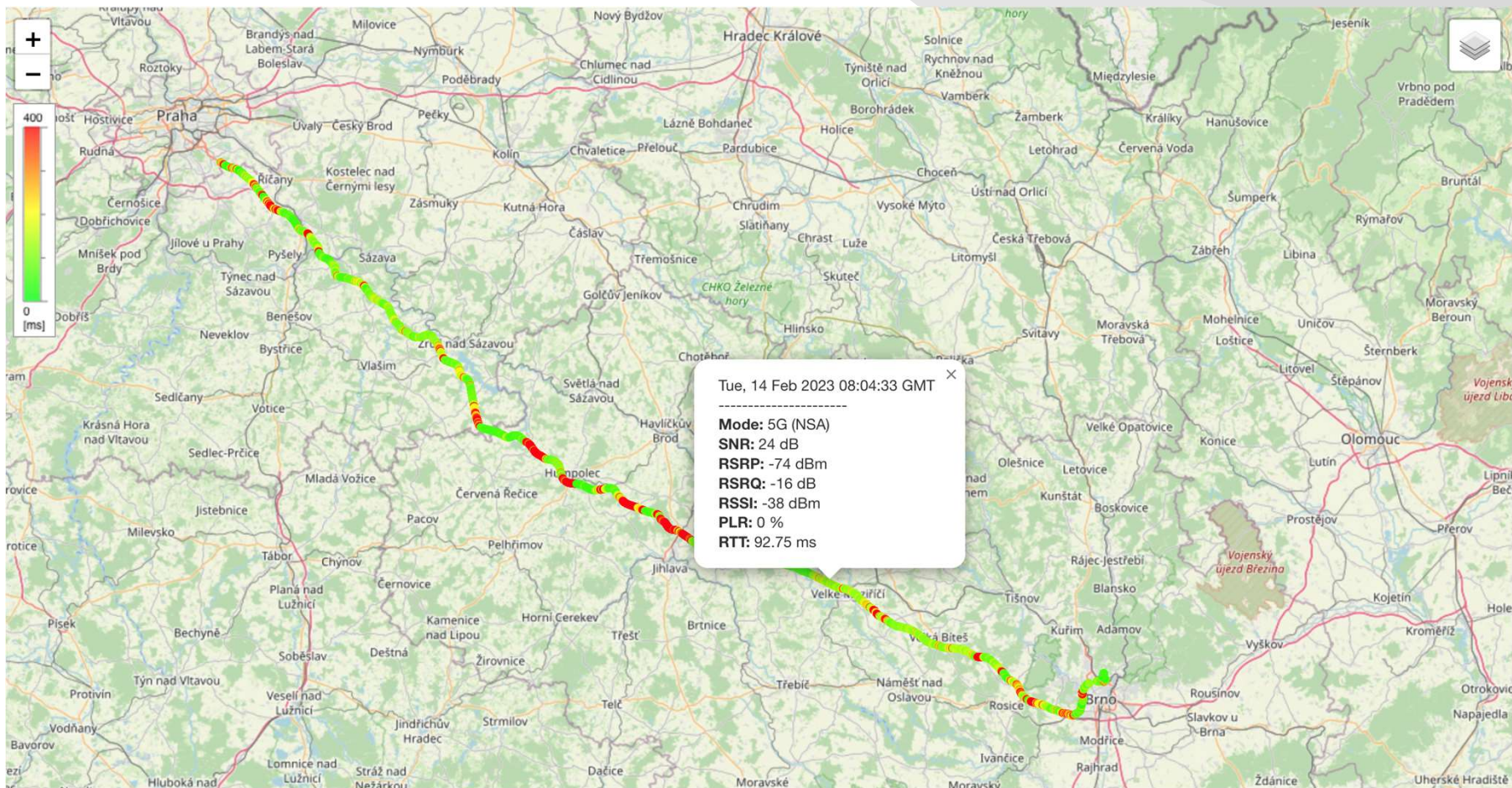
Praha -> Brno, D1, 14.2.2023, 4G a 5G, zobrazení v mapě: typ sítě





FlowPing – drive test

Praha -> Brno, D1, 14.2.2023, 4G a 5G, zobrazení v mapě: RTT





Testování datových sítí efektivně, spolehlivě a cíleně

<https://flowping.fel.cvut.cz>

<https://f-tester.fel.cvut.cz>

Děkuji za pozornost

