



Objektivní měření mobilní sítě



Možnosti měření mobilní sítě

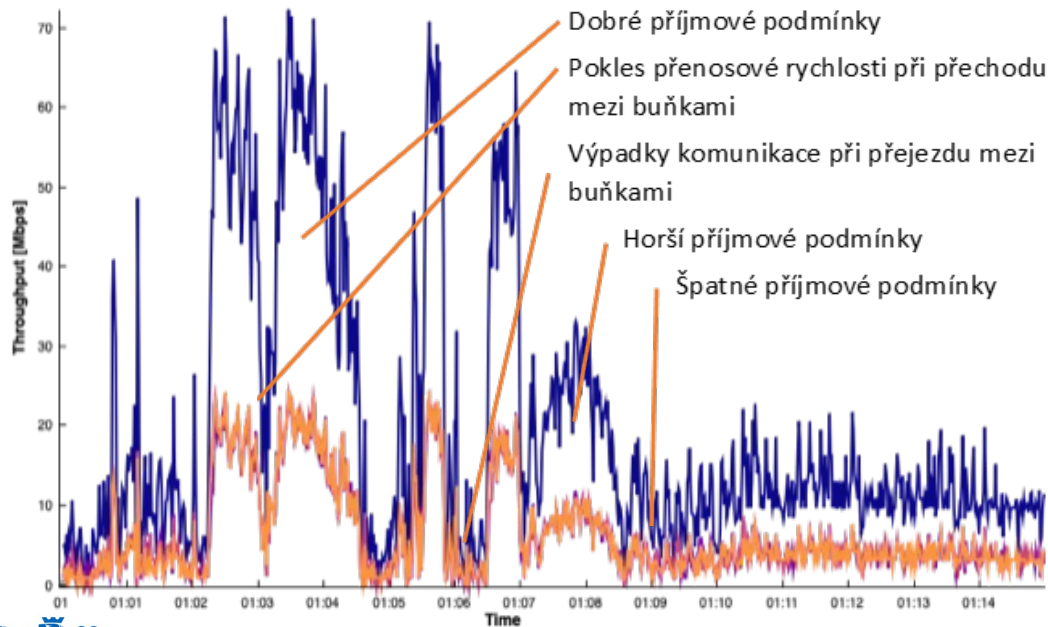
- Měření na fyzické vrstvě
 - RF parametry
- Měření na vyšších vrstvách
 - RAW data flow (L2)
 - TCP/IP
- Poloha terminálu
 - Stacionární testy
 - Měření na pevném místě
 - Nomadické testy
 - Měření na pevném místě se změnou polohy
 - Drive testy
 - Měření během změny polohy





Specifika mobilních sítí

- **Dynamické změny** úrovně signálu a přenosové rychlosti
- **Výpadky** a znovu-navazování RF i TCP/UDP spojení (vč. změny IP adresy)
- **Přepínání** mezi technologiemi / generacemi sítí
- Okamžité **zatížení sítě** uživatelským provozem migrujících účastníků
- **Datové limity** služby (omezený objem dat)...





Aspekty měření TCP v mobilní síti

- Velká variabilita nasazení:
 - Optimalizace pro maximální propustnost → snížená schopnost reakce na problémy v síti, vyšší RTT, zahlcení sítě (TCP Cubic)
 - Optimalizace pro rychlé reakce změny v síti → nižší RTT, nižší propustnost (TCP BBR)
- Obtížná detekce rozpadu spojení na nižší vrstvách
 - Ve výchozím stavu vysoké hodnoty časovačů hlídající rozpad spojení >20 s.
 - Konfigurace mobilní sítě – aktivní ovlivňování rozpadů TCP





Měření TCP v mobilní síti

- Bandwidth Delay Product: $TP \times RTT$
 - Zvětšení CWND – více dat „v letu“
 - pokud problém, zahazuje se a přeposílá, roste RTT
 - Zvětšení počtu souběžných spojení – roste režie přenosu
 - Při velkém počtu toků hrozí riziko přeplňování bufferů mezilehlých síťových prvků což vede k zahazování paketů → synchronizace TCP algoritmů
 - Pokud jsou problémy se signálem, prohlubuje souběžné navazování velkého množství TCP spojení dobu bez přenosu dat → synchronizace TCP algoritmů





Měření TCP v mobilní síti

- TCP algoritmy
 - TCP Cubic
 - **Kde:** Nejběžnější algoritmus – Windows 7 a vyšší, Linux
 - **Jak:** Řízení přenosu je založeno na ztrátovosti a regulace množství dat v síti je dle kubické funkce
 - **Dopad:** Schopnost vytížit vysokokapacitní přenosové cesty vyšším RTT. Pokud je použito velké CWND (větší než 128 kB) chová se na sítích s vyšším RTT (stovky ms) „jako UDP“. Je schopen výrazně omezit konkurenční provoz.





Měření TCP v mobilní síti

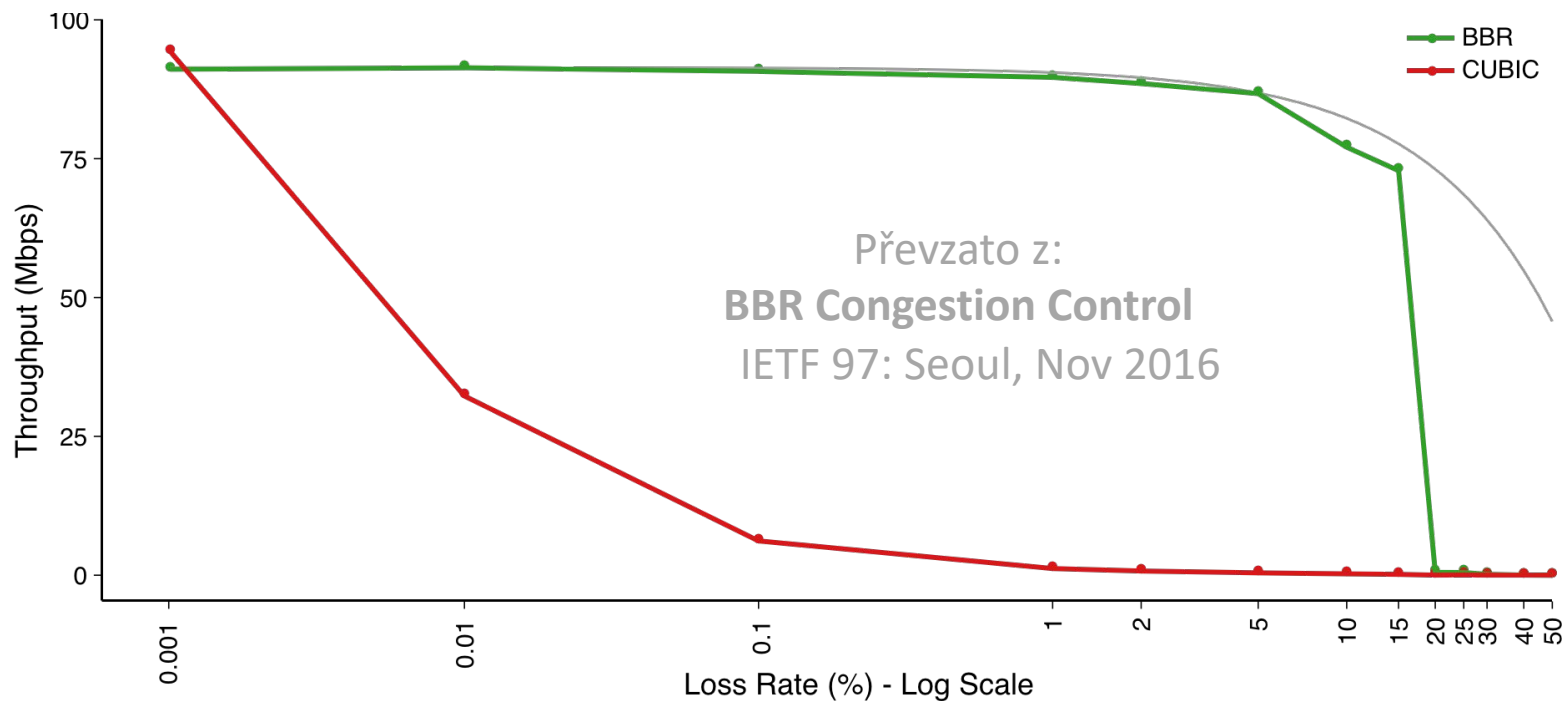
- TCP algoritmy
 - TCP BBR
 - **Kde:** Na vzestupu – Některé linuxové distribuce
 - **Jak:** Řízení přenosu je založeno na periodické kontrole RTT a následné optimalizaci nastavení CWND
 - **Dopad:** Schopnost vytížit vysokokapacitní přenosové cesty s různorodým RTT. Z dostupných TCP algoritmů vykazuje nejnižší zpoždění. Nežene vytížení přenosové cesty do takového extrému jako TCP Cubic, výsledná propustnost je oproti TCP Cubic o několik procent nižší.





Vliv chybovosti na protokol TCP

Cubic vs. BBR – teorie



BBR vs CUBIC: synthetic bulk TCP test with 1 flow, bottleneck_bw 100Mbps, RTT 100ms



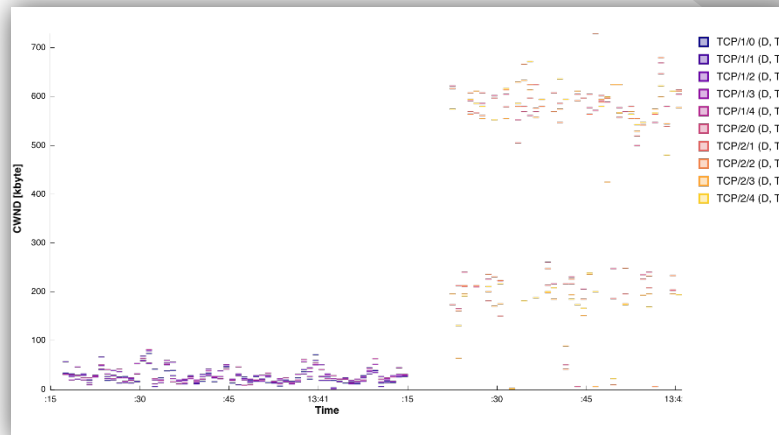
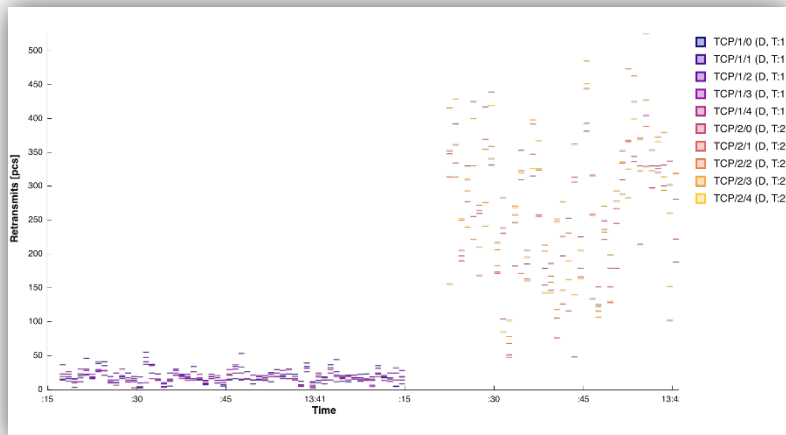
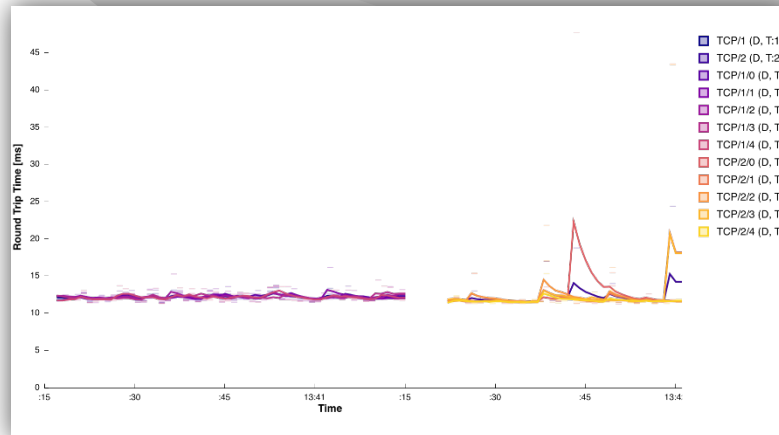
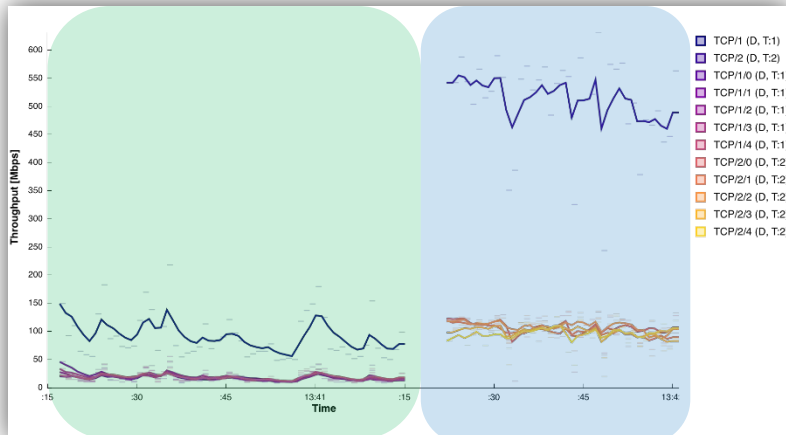


Vliv chybovosti na protokol TCP

Cubic vs. BBR – RTT cca 12 ms

Cubic

BBR





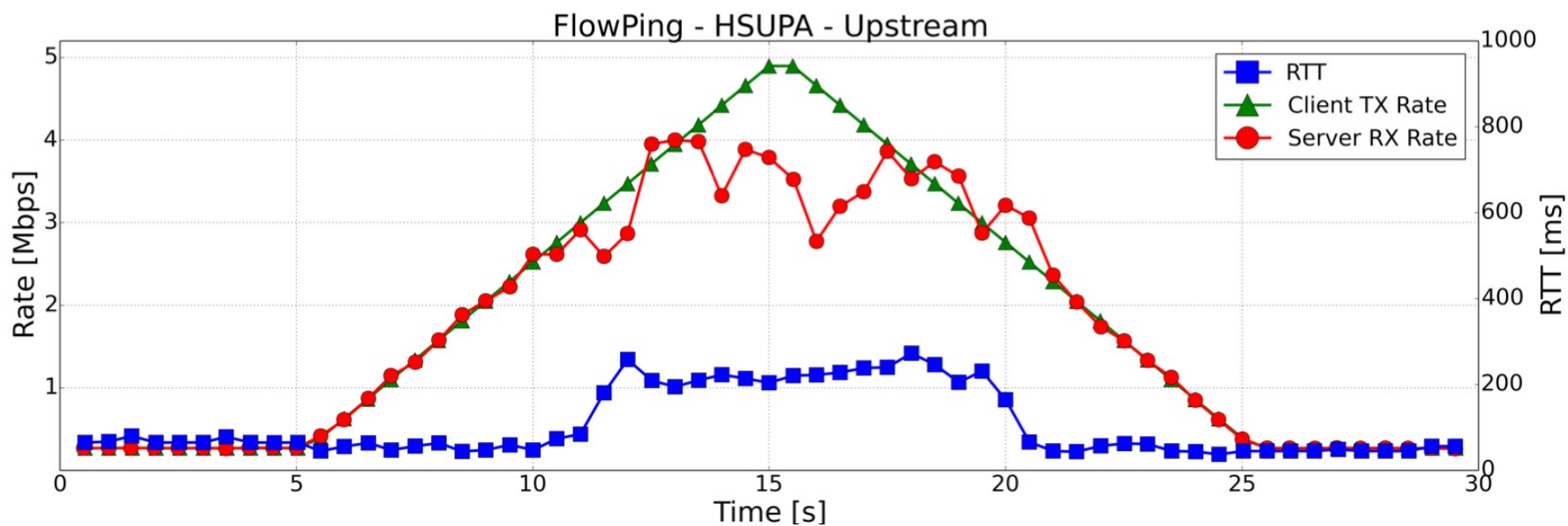
Aspekty měření UDP v mobilní síti

- Základní charakteristika
 - Nižší režie oproti TCP
 - Bez zpětné vazby o doručení
 - Schopnost zahltit síť (několikanásobně)
 - Emulace chování protokolů vyšších vrstev
- Měření
 - Pevným datovým tokem
 - Velikost paketů, interval odesílání paketů
 - Variabilním datovým tokem
 - Velikost paketů a interval odesílání paketů v závislosti na čase
 - Emulace různých situací v síti
 - Se zpětnou vazbou
 - Emulace TCP pomocí UDP (Flowping)





Aspekty měření UDP v mobilní síti





Iperf UDP vs. Flowping

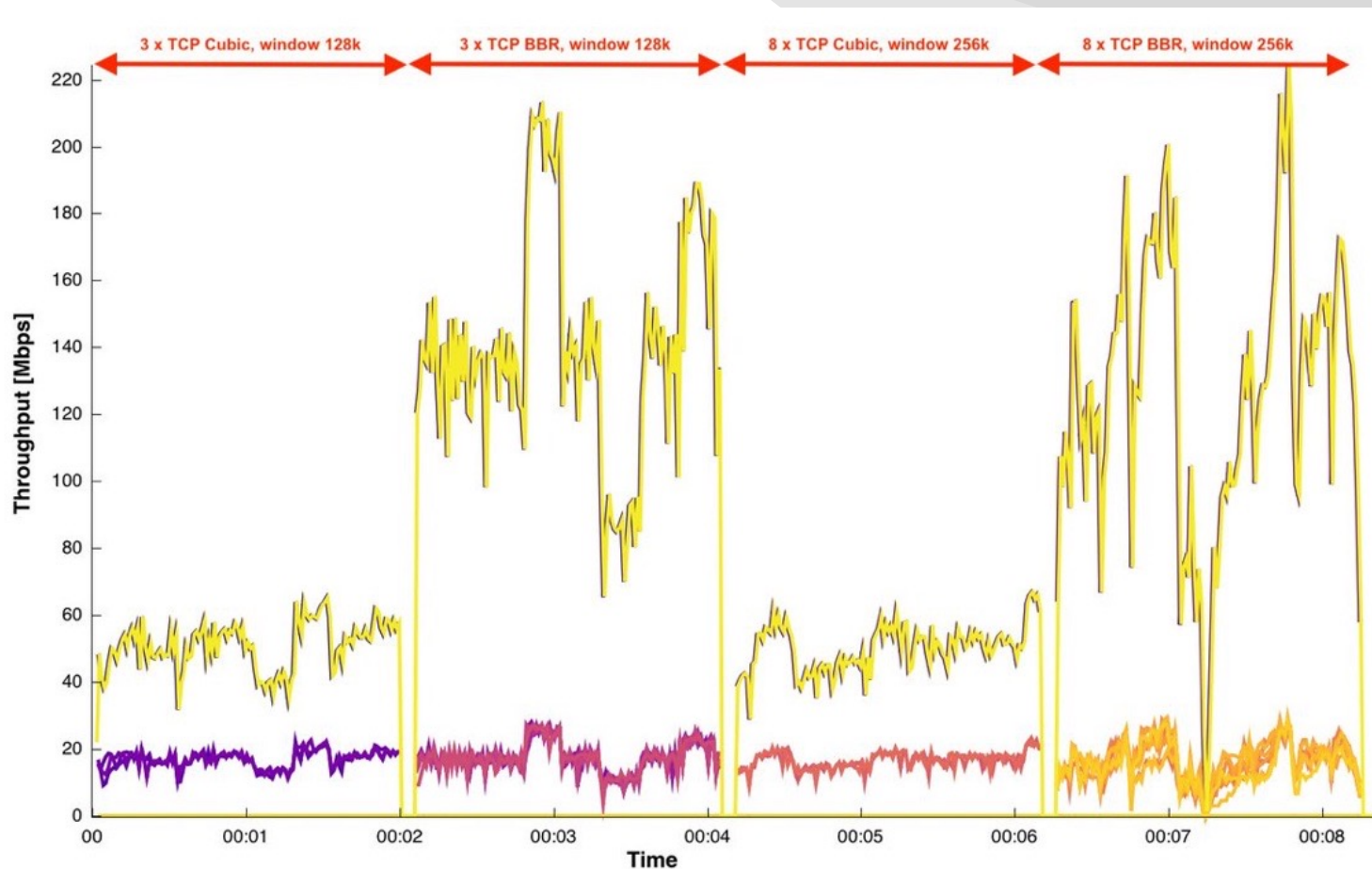
- Iperf UDP
 - Generátor datového toku
 - Přenos dat bez ohledu na reakci druhé strany
 - Nízká výpočetní náročnost – schopnost generovat vyšší datové toky
 - Výstup měření:
 - Přenosová rychlost pro zvolený datový tok
 - Ztráta paketů
- Flowping
 - “ping” s možností definice generovaného datového toku
 - Precizní generování paketů → vyšší výpočetní náročnost
 - Výstup měření:
 - Přenosová rychlost pro definovaný průběh datového toku
 - Ztráta paketů
 - RTT
 - Jitter





Starlink

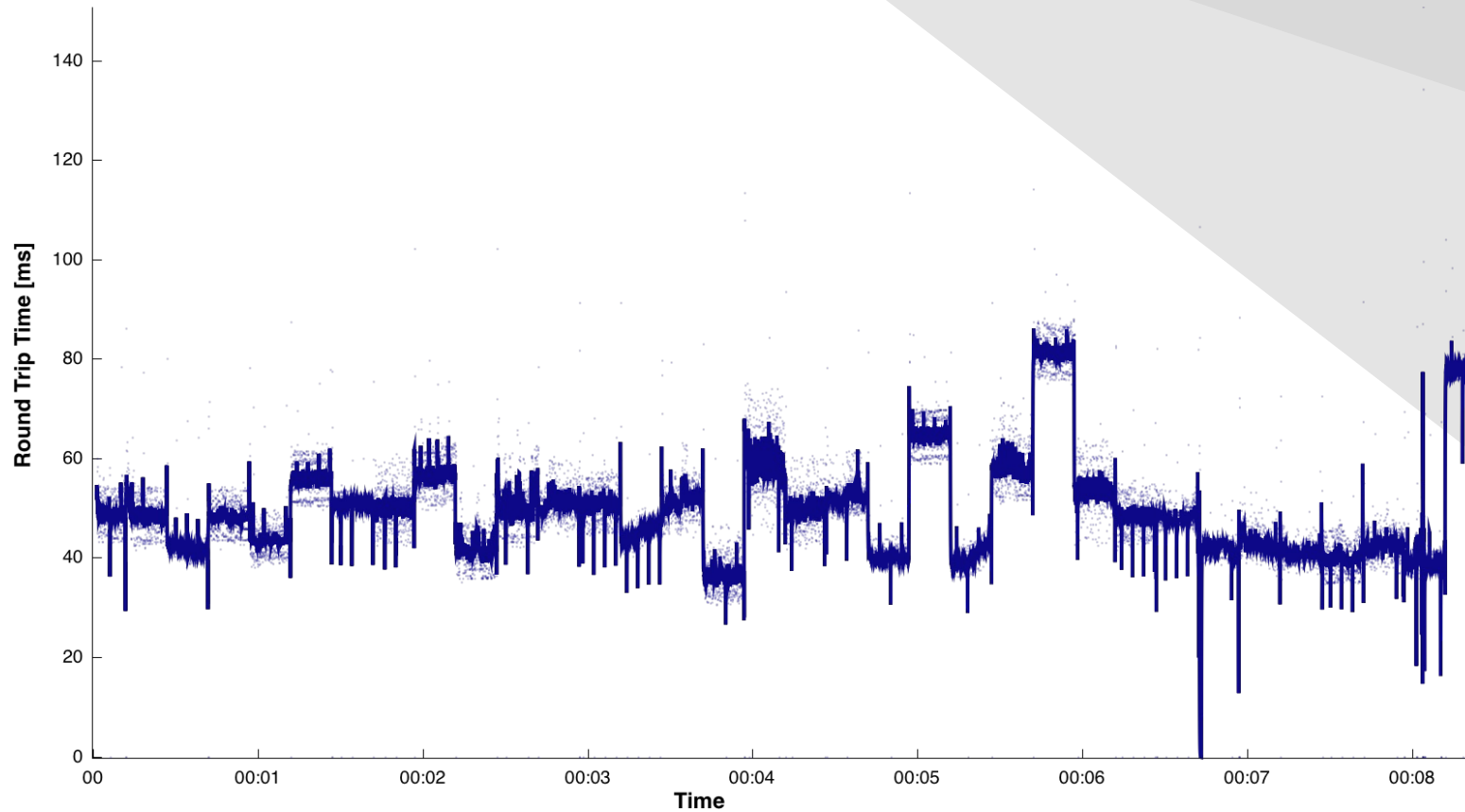
- Propustnost [Mbit/s]





Starlink

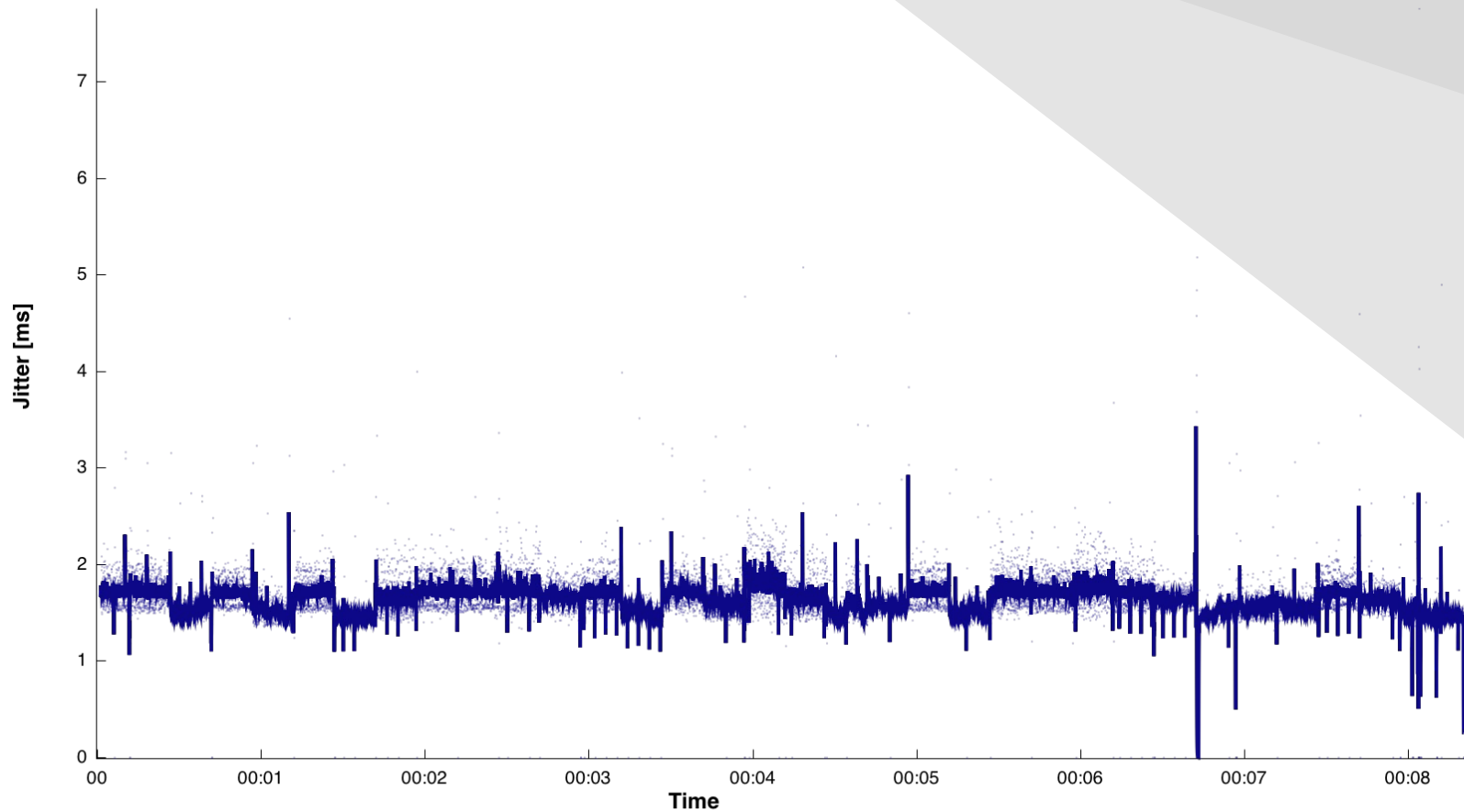
- Zpoždění ve smyčce (RTT) [ms]





Starlink

- Jitter [ms]





Testování datových sítí efektivně, spolehlivě a cíleně

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

Děkuji za pozornost