

# NGA testery pro certikaci sítí a služeb

Brno, 28. 3. 2019

Josef Beran, Peter Potrok

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ ®

the art of  
optical  
communication



Měření kvality připojení k internetu

the art of  
optical  
communication

## Nástroje:

- Laptop + web browser + měřicí server (ookla apod.)



- Měřicí terminál (dedikovaný HW) + měřicí server (ookla apod.)



- Měřicí přístroj resp. měřicí souprava



## Důvody pro měření:

- ☐ Aktivace služby
- ☐ Troubleshooting
- ☐ Kontrola

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ ®

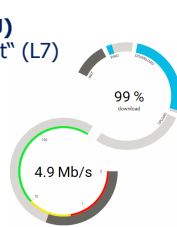
www.profiber.eu



Nástroje pro verifikaci sítě a aktivaci účastnické přípojky

the art of  
optical  
communication

## 1) NetMetr.cz (ČTÚ) - „speedtest“ (L7)



Detail měření

Download 4.919 Mb/s  
Upload 4.312 Mb/s  
Ping 5.38 ms  
Čas testu 6. 3. 2018 13:49  
Zařízení Chrome (RMBTws)

Download (Mb/s)



## 2) Kompaktní tester EXFO EX1 - Ookla (L7) - (IETF RFC 6349 a další metodiky)



Nástroje pro verifikaci sítě a aktivaci účastnické přípojky

the art of  
optical  
communication

## 3) F-Tester (alternativní měřicí metoda) - proprietární řešení ČVUT (L4, TCP propustnost)



## 2) NGA tester EXFO NetBlazer - IETF RFC 6349 a další metodiky



AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ ®

www.profiber.eu

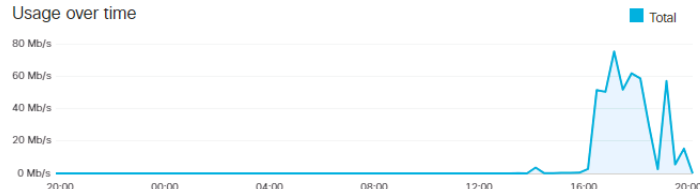
## 5) Diagnostika na aktivních prvcích sítě (základní monitoring)

- (L1-L7 dle modelu ISO/OSI)

Usage stats

| TOTAL DATA TRANSFERRED | TOTAL DATA DOWNLOADED | TOTAL DATA UPLOADED |
|------------------------|-----------------------|---------------------|
| 68.43 GB               | 34.19 GB              | 34.24 GB            |

Usage over time

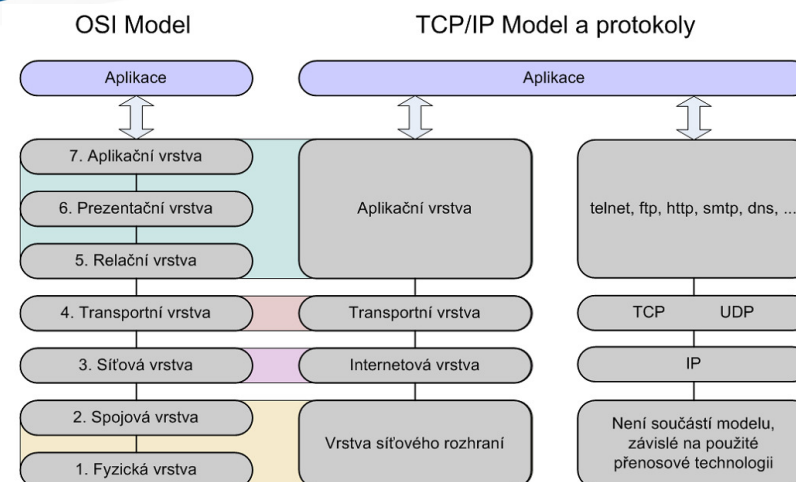
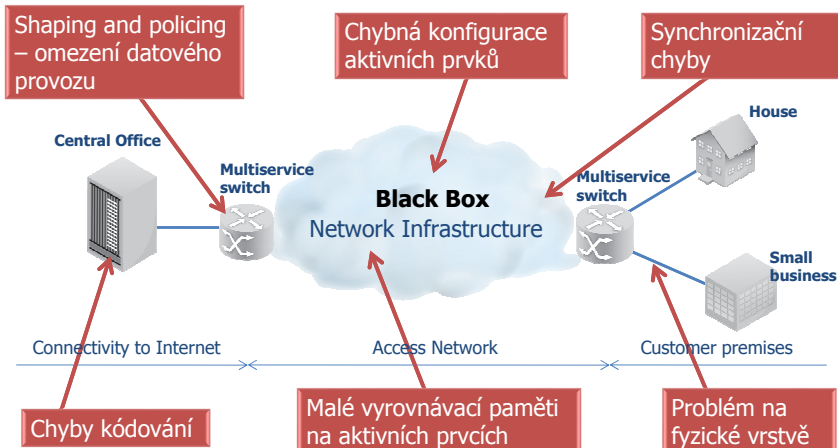


- **IPTD** (IP Packet **Transfer Delay**) = zpoždění přenosu paketů
- **IPDV** (IP Packet **Delay Variation**) = kolísání zpoždění
- **IPER** (IP Packet **Error Ratio**) = podíl chybných paketů
- **IPLR** (IP Packet **Loss Ratio**) = podíl ztracených paketů
- **IPSR** (Spurious IP Packet Rate) = četnost nežádoucích paketů
- **IPRR** (Packet **Reordered Ratio**) = podíl paketů mimo pořadí
- **IPDR** (Packet **Duplicate Ratio**) = podíl duplikovaných paketů



Přenosová rychlost se počítá včetně záhlaví IP paketu:

- **IPPR** (IPPT - IP Packet **Throughput**) = Propustnost paketů
- **IPOR** (IPOT - Octet Based IP Packet **Throughput**) Propustnost oktetů

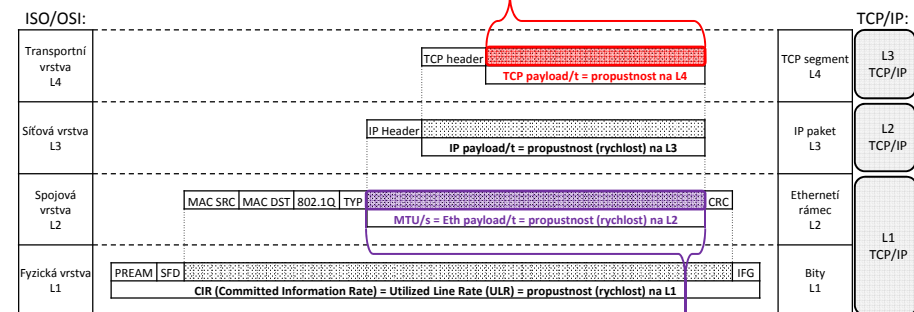


Zdroj: MPKT - Pokročilé komunikační techniky

- OSI = Open Systems Interconnection = propojení otevřených systémů,
- RM OSI = abstraktní model komunikačních a informačních sítí.

| JEDNOTKY                | VRSTVA      | FUNKCE                                             |
|-------------------------|-------------|----------------------------------------------------|
| Data<br>(soubory, toky) | Aplikační   | poskytnutí a zpracování <b>dat</b>                 |
|                         | Prezentační | formátování, šifrování a autentizace <b>dat</b>    |
|                         | Relační     | řízení spojení a autentizace <b>komunikujících</b> |
| Segmenty                | Transportní | řízení a zabezpečení přenosu <b>segmentů</b>       |
| Pakety                  | Síťová      | logické adresování a určení cesty <b>paketů</b>    |
| Rámce                   | Datová      | fyzické adresování a přenos <b>rámců</b>           |
| Bity                    | Fyzická     | přenos <b>bitů</b> přenosovým médiem               |

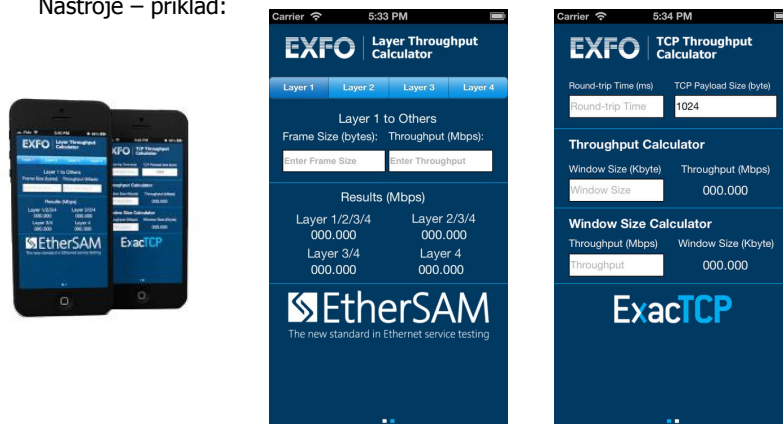
Reálná rychlost = skutečná, měřitelná = TCP propustnost =  
= rychlost přenosu dat na L4 referenčního modelu ISO/OSI



L4: 93,9 Mbit/s  
L3: 96,2 Mbit/s  
L2: 97,5 Mbit/s  
L1: 100,0 Mbit/s = 802.3u „Fast Ethernet“

Shaping a Limiting na aktivních zařízeních  
stejně definované také v MEF

Přepočet rychlostí na jednotlivých vrstvách RM OSI  
Nástroje – příklad:



Vysokorychlostní internet je taková služba připojení k internetu, která splňuje podmínku běžně dostupné rychlosti stahování na vrstvě L4 modelu ISO/OSI o hodnotě minimálně 30 Mbit/s.

Nebo obdobně:

Vysokorychlostní síť elektronických komunikací je taková síť, která celistvým úseku od NIX k zákazníkovi vykazuje v kterémkoliv okamžiku TCP propustnost minimálně 30 Mbit/s v sestupném směru (downstream). =

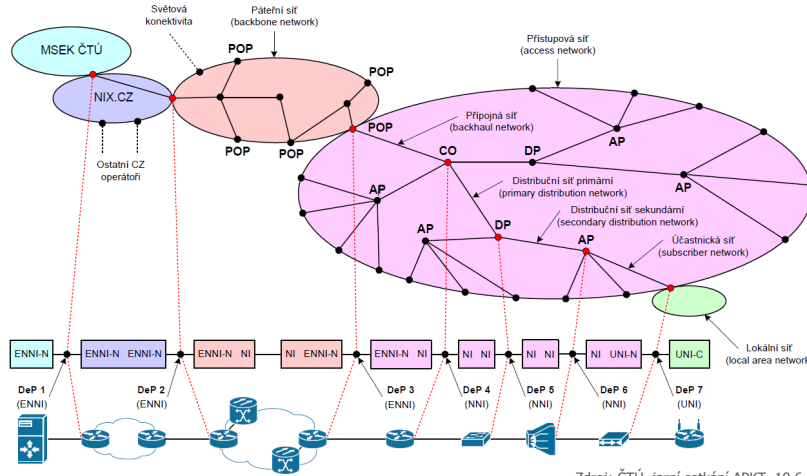
**Vysokorychlostní síť = síť s potenciálem běžně dostupné rychlosti 30 Mbit/s pro každého účastníka.**

vysokorychlostní internet +30Mbit/s

| rychlost (Mbit/s) | rychlost (Mbit/s) | na vrstvě dle ISO/OSI |
|-------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>30,000</b>     | <b>100,000</b>    | <b>L4</b>             |
| <b>30,944</b>     | <b>103,147</b>    | L3                    |
| <b>31,469</b>     | <b>104,895</b>    | L2                    |
| <b>32,465</b>     | <b>108,217</b>    | L1                    |

Přepočet rychlostí platí pro MTU (Maximum Transmission Unit) = 1200 B

## Demarkační body:



Zdroj: ČTÚ, jarní setkání APKT, 19.6.2018

Celkový čas pro provedení 1 měření = 20 min.

Celkem 3 měření:

- min. 1 měření v provozní špičce +
- min. 1 měření mimo provozní špičku

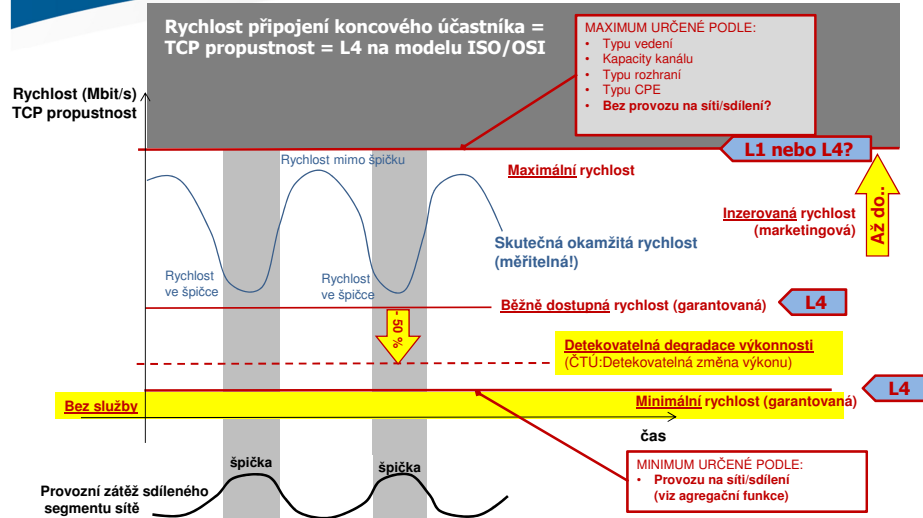
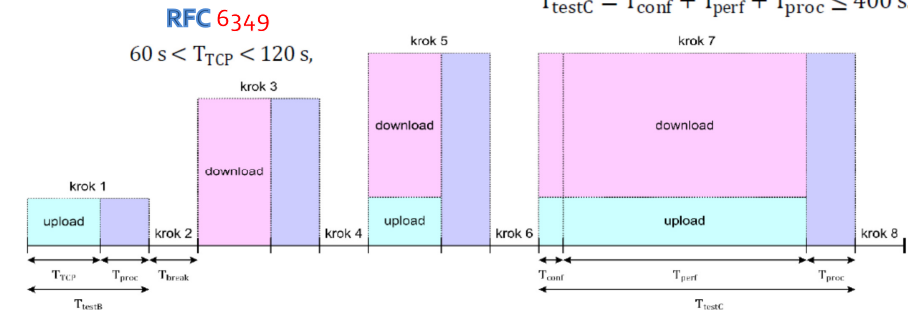
ITU-T Y.1564 EtherSAM  
The new standard in optical network testing

Možno provést všechna 3 měření v provozní špičce u stávajících (zatížených) sítí, u nově vybudovaných (nezatížených) i mimo provozní špičku.

$$T_{\text{perf}} \geq 300 \text{ s.}$$

a zároveň

$$T_{\text{testC}} = T_{\text{conf}} + T_{\text{perf}} + T_{\text{proc}} \leq 400 \text{ s.}$$



Vždy určit vrstvu dle modelu ISO/OSI, jinak se bere jako L4

- **Minimální rychlost (Rmin):**
  - nejnižší garantovaná rychlost
  - pokles pod tuto hodnotu = výpadek služby
- **Maximální rychlost (Rmax):**
  - maximální rychlost technologie s ohledem na aktuální konfiguraci
  - inzerovaná rychlost nesmí přesahovat maximální
- **Běžně dostupná rychlost (BDR):**
  - reálně dosažitelná rychlost
  - možnost různé hodnoty pro špičku/mimo špičku
- **Detekovatelná změna výkonu (DZV):**
  - 50% běžně dostupné rychlosti
  - poklesy pod DZV hrají klíčovou roli při ověřování rychlostí internetového připojení
- **Velké odchylky od BDR (pokles pod DZV):**
  - velká trvající odchylka = více než 30 minut
  - velká opakující se odchylka = 3x a více do hodiny

## MEF 23.1 Thresholds Criteria

| REGION        | Frame Loss Ratio (FLR %) | Frame Delay (FD) in milliseconds (ms) | Inter Frame Delay Variation (IFDV) |
|---------------|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Metro H       | ≤ 0.01%                  | ≤ 10 ms                               | ≤ 3 ms                             |
| Metro M       | ≤ 0.01%                  | ≤ 20 ms                               | ≤ 8 ms                             |
| Metro L       | ≤ 0.1%                   | ≤ 37 ms                               | Not Specified                      |
| Regional H    | ≤ 0.01%                  | ≤ 25 ms                               | ≤ 8 ms                             |
| Regional M    | ≤ 0.01%                  | ≤ 75 ms                               | ≤ 40 ms                            |
| Regional L    | ≤ 0.1%                   | ≤ 125 ms                              | Not Specified                      |
| Continental H | ≤ 0.025%                 | ≤ 77 ms                               | ≤ 10 ms                            |
| Continental M | ≤ 0.025%                 | ≤ 115 ms                              | ≤ 40 ms                            |
| Continental L | ≤ 0.1%                   | ≤ 230 ms                              | Not Specified                      |
| Global H      | ≤ 0.05%                  | ≤ 230 ms                              | ≤ 32 ms                            |
| Global M      | ≤ 0.05%                  | ≤ 250 ms                              | ≤ 40 ms                            |
| Global L      | ≤ 0.1%                   | ≤ 390 ms                              | Not Specified                      |



- Throughput (Mbit/s)

- TX rate → RX rate (Mbit/s) (Mbit/s)
- Frame loss (%)
- Frame delay (ms)
- jitter (ms)

### Nutný předpoklad:

Ztrátovost lepší než 5%

and / or

Jitter lepší než 150 ms

## Doporučení RFC 6349

- „Framework for TCP Throughput Testing “
- Metodologie pro testování TCP propustnosti
- Internet Engineering Task Force (IETF)

## Metodologie

- Nalezení MTU
- Zjištění RTT a BB (Bottleneck Bandwidth = limitní přenosová rychlost)
- Samotná TCP propustnost (jedno nebo více TCP spojení)

## Metriky

- TCP Transfer Time = doba přenosu 1 segmentu
- TTR (Transfer Time Ratio)
- Maximální dostupná TCP propustnost
- TCP efektivita
- Zpoždění bufferu

Testování reálné TCP propustnosti na L4

1, Zjištění MTU dané linky

2, Změření Round-Trip Time (RTT), následně se vypočítá optimální okno pro přenos

$$\text{BDP (bytes)} = \text{RTT (sec)} \times \text{BB (bit/s)}$$

$$\text{Minimum required TCP RWND} = \text{BDP} / 8$$

Link rate



3, Otestování Sweep Window, vypočítání Bandwidth-Delay Product (BDP) – testování rychlosti při menších oknech

4, Testování TCP rychlosti při optimálním / vypočítaném okně. Vypočítání účinnosti TCP protokolu a „Buffer delay“ t.j. nárůst/pokles zpoždění v době testování.

$$\text{TCP Efficiency \%} = \frac{\text{Transmitted Bytes} - \text{Retransmitted Bytes}}{\text{Transmitted Bytes}} \times 100$$

$$\text{Average RTT during transfer} = \frac{\text{Total RTTs during transfer}}{\text{Transfer duration in seconds}}$$

$$\text{Buffer Delay \%} = \frac{\text{Average RTT during transfer} - \text{Baseline RTT}}{\text{Baseline RTT}} \times 100$$



## Praktické měření

| MTU (bytes)  | Minimum RTT (ms)   |            |            |      |
|--------------|--------------------|------------|------------|------|
| 1500         | 10,071             |            |            |      |
| Window Sweep |                    |            |            |      |
|              | Actual L4 (Mbit/s) |            |            |      |
|              | 1/8 of BDP         | 1/4 of BDP | 1/2 of BDP | BDP  |
| L->R         | 5,7                | 5,7        | 5,7        | 5,7  |
| R->L         | 6,8                | 9,1        | 14,4       | 27,2 |

| TCP Throughput         |                             | Ideal L4 (Mbit/s) |  | Actual L4 (Mbit/s)    |          | TCP Efficiency (%) | Buffer Delay (%) |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|--|-----------------------|----------|--------------------|------------------|
|                        | Window                      |                   |  |                       |          |                    |                  |
| L->R                   | 6 KiB<br>(2 conn.@ 3 KiB)   | 5,6               |  | 5,6                   |          | ✓ 99,73            | 19,62            |
| R->L                   | 34 KiB<br>(2 conn.@ 17 KiB) | 28,2              |  | 27,3                  |          | ✓ 99,90            | 0,80             |
| Threshold (% of ideal) |                             | 95,0              |  | L->R 5,4<br>R->L 26,8 | (Mbit/s) |                    |                  |



### Řešený příklad:

Připojení k internetu od *No Name ISP*...

- Inzerovaná rychlost ... 200 Mbit/s / 200 Mbit/s
- neuvedeno nic víc – jaká je min, max a BDR ani na jaké vrstvě.

⇒ **rozumí se tedy:** inzerovaná = maximální (reálně dosažitelná)  
BDR = 0,75 x inzerovaná rychlost  
minimální rychlost = (0,1xMAX ; 0,375xMAX)  
všechny rychlosti uvažujeme na L4 RM OSI

|                           | Upload      | Download    |                                |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| Minimální rychlost:       | 75000 kb/s  | 75000 kb/s  | na vrstvě L 4 * modelu ISO/OSI |
| Maximální rychlost:       | 200000 kb/s | 200000 kb/s | na vrstvě L 4 * modelu ISO/OSI |
| Běžně dostupná rychlost:  | 150000 kb/s | 150000 kb/s | na vrstvě L 4 * modelu ISO/OSI |
| Inzerovaná rychlost:      | 200000 kb/s | 200000 kb/s | na vrstvě L 4 * modelu ISO/OSI |
| Maximální hodnota IP MTU: | 1500 B      |             |                                |

### Řešený příklad:

Nutno zadat výchozí hodnoty „očekávané“ propustnosti/rychlosti do měřicí techniky:

|                                                |  |                                |                |                                                                     |  |
|------------------------------------------------|--|--------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------|--|
| Měření pomocí UDP protokolu<br>(ITU-T Y.1564)  |  | Upload                         | Download       |                                                                     |  |
| CIR:                                           |  | 159,765 Mb/s                   | 159,765 Mb/s   | na vrstvě L 1 * modelu ISO/OSI                                      |  |
| CIR+EIR:                                       |  | 213,019 Mb/s                   | 213,019 Mb/s   | na vrstvě L 1 * modelu ISO/OSI                                      |  |
| Frame Size:                                    |  | 1518 B                         |                |                                                                     |  |
| Měření pomocí TCP protokolu<br>(IETF RFC 6349) |  | Upload                         | Download       |                                                                     |  |
| CIR:                                           |  | 213,0 Mb/s                     | 213,0 Mb/s     | na vrstvě L 1 * modelu ISO/OSI                                      |  |
| RFC 6349                                       |  | MEF 23.1: Performance Tier 2** | CoS Label L*** | (Kritéria MEF 23.1 stanovena dle příloh Metodiky pro pevné síť ČTÚ) |  |

\*\*1 = Metro, 2 = Regional, 3 = Continental, 4 = Global

\*\*\*Varianty H, M a L

\*L 1 = fyzická vrstva, L 2 = spojovací vrstva (Ethernet), L 3 = síťová vrstva (IP), L 4 = transportní vrstva (TCP)

## Řešený příklad:

Podrobné výsledky dílčích testů (RFC 6349 a Y.1564) + vyjádření k odchylkám:

Velká trvalá odchylka od běžné dostupné rychlosti stahování dat (U p l o a d): ANO / NE

Velká opakující se odchylka od běžné dostupné rychlosti stahování dat (U p l o a d): ANO / NE

Velká trvalá odchylka od běžné dostupné rychlosti ukládání dat (D o w n l o a d): ANO / NE

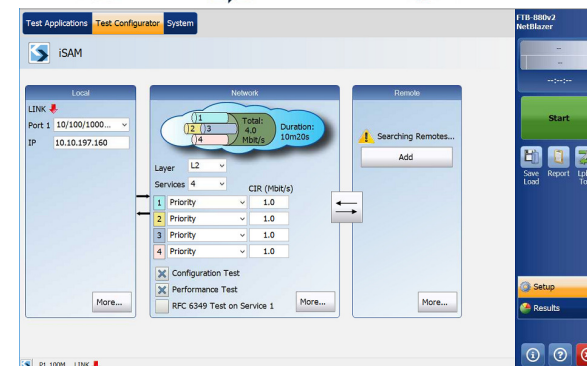
Velká opakující se odchylka od běžné dostupné rychlosti ukládání dat (D o w n l o a d): ANO / NE

Vypadek služby internetového připojení: ANO / NE

Splnění kritérií dle MEF 23.1: ANO / NE

- plně automatizované testovací aplikace pro validaci end-to-end služeb na L2, L3 a L4 až do 100G

iSAM = ETHERSAM + RFC 6349



## Praktické měření UDP + TCP

| Service Configuration Test |      |                          | Completed, Fail         |                    | Start Time 7. 3. 2016 14:02:50 |                  |
|----------------------------|------|--------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------|
| Service                    |      | TX CIR (Mbit/s)          | FD (ms) (RTT) (Latency) | IFDV (ms) (Jitter) | FLR (%) (Frame Loss)           | RX Rate (Mbit/s) |
| 1 Best Effort              | L->R | 30,0                     | 10,052                  | < 0,015            | 0,1023                         | 29,969           |
|                            | R->L | 30,0                     |                         | < 0,015            | 0,0838                         | 29,974           |
| Service Performance Test   |      |                          | Completed, Fail         |                    |                                |                  |
| Service                    |      | TX CIR (Mbit/s)          | FD (ms) (RTT) (Latency) | IFDV (ms) (Jitter) | FLR (%) (Frame Loss)           | RX Rate (Mbit/s) |
| 1 Best Effort              | L->R | 30,0                     | 10,052                  | < 0,015            | 0,0980                         | 29,970           |
|                            | R->L | 30,0                     |                         | < 0,015            | 0,0950                         | 29,971           |
| Total RX Rate (Mbit/s)     |      |                          |                         |                    | L->R                           | 29,970           |
|                            |      |                          |                         |                    | R->L                           | 29,971           |
| RFC 6349 Test              |      |                          | Completed, Pass         |                    |                                |                  |
| MTU (bytes)                |      | 1289                     | Minimum RTT (ms)        |                    | 10,071                         |                  |
| TCP Throughput             |      |                          |                         |                    |                                |                  |
| Service                    |      | Window                   | Ideal L4 (Mbit/s)       | Actual L4 (Mbit/s) | TCP Efficiency (%)             | Buffer Delay (%) |
| 1 Best Effort              | L->R | 34 KiB (2 conn.@ 17 KiB) | 27,8                    | 26,9               | 99,91                          | 0,54             |
|                            | R->L | 34 KiB (2 conn.@ 17 KiB) | 27,8                    | 27,0               | 99,92                          | 0,79             |

Test běžné dostupné rychlosti BDR = 75 Mbit/s dle RFC 6349.

Ztrátovost FLR = 0 %

Zpoždění FD = 5 ms

Ztrátovost FLR = 0,1 %

Zpoždění FD = 5 ms

Ztrátovost FLR = 1 %

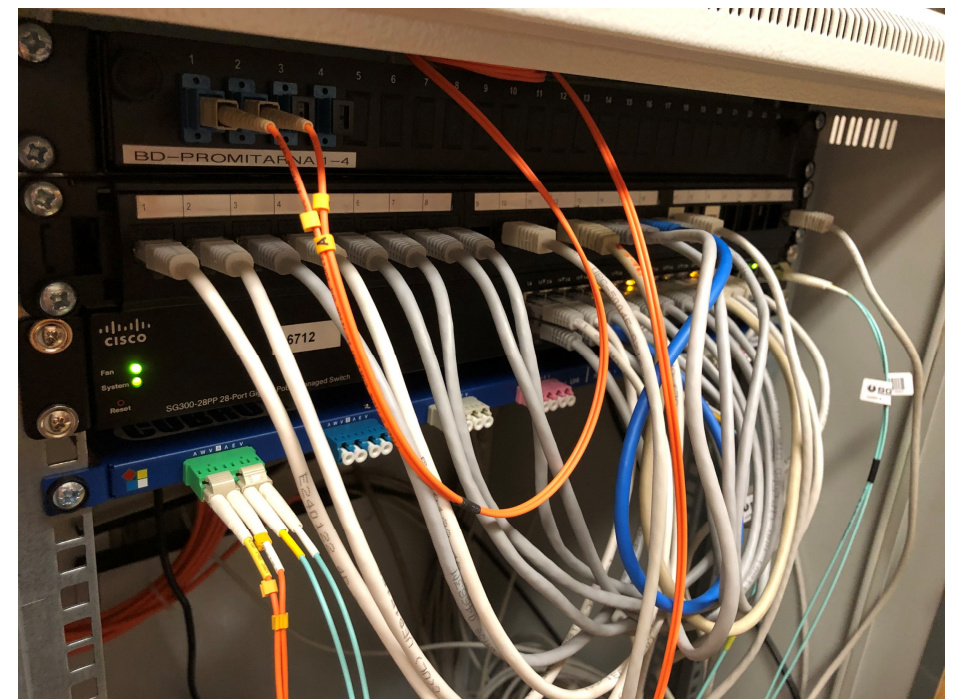
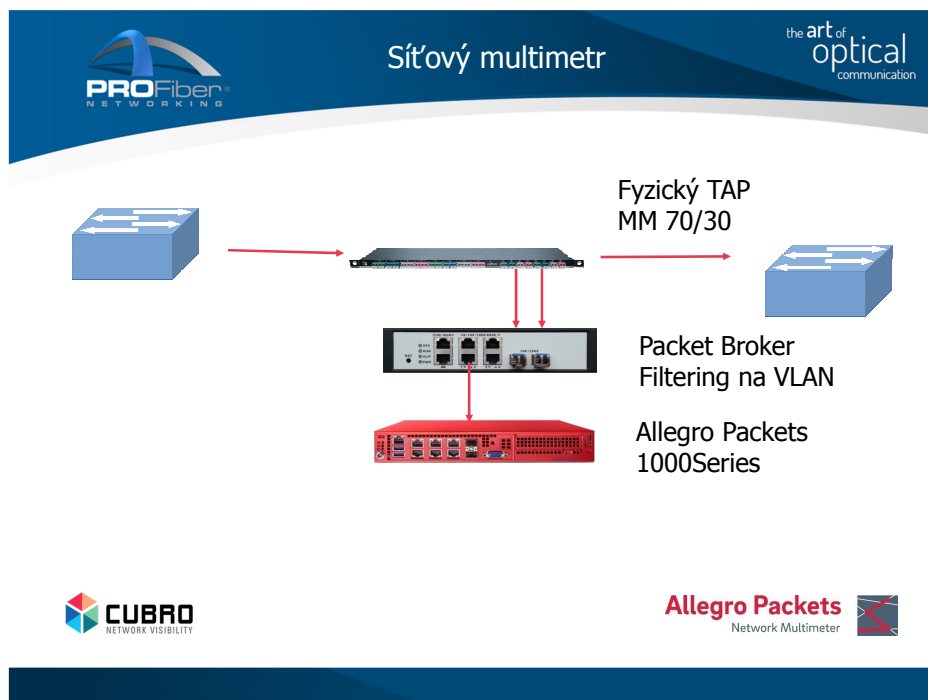
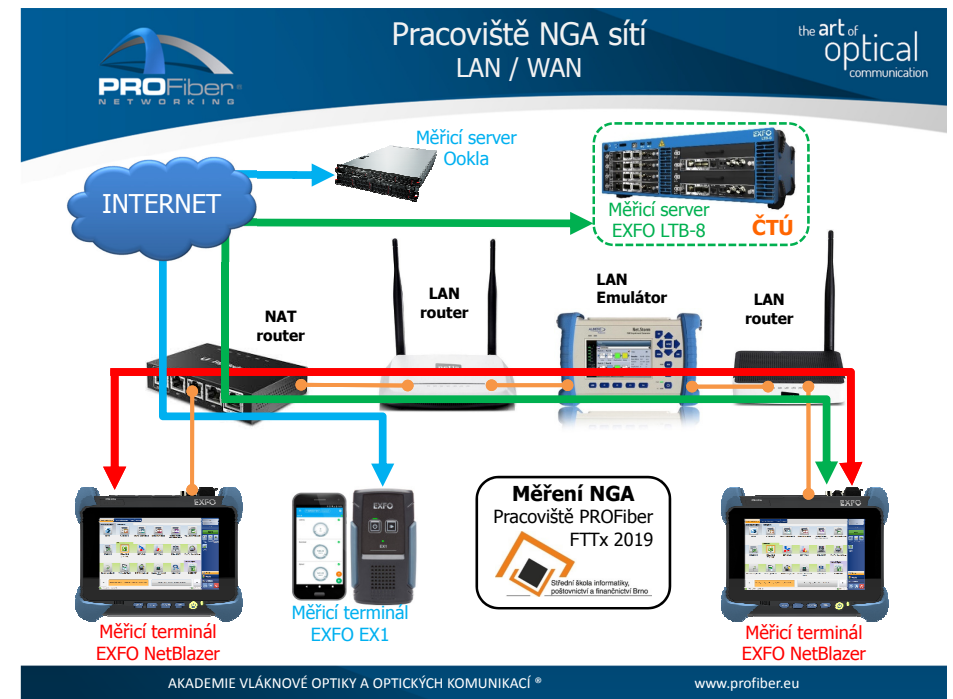
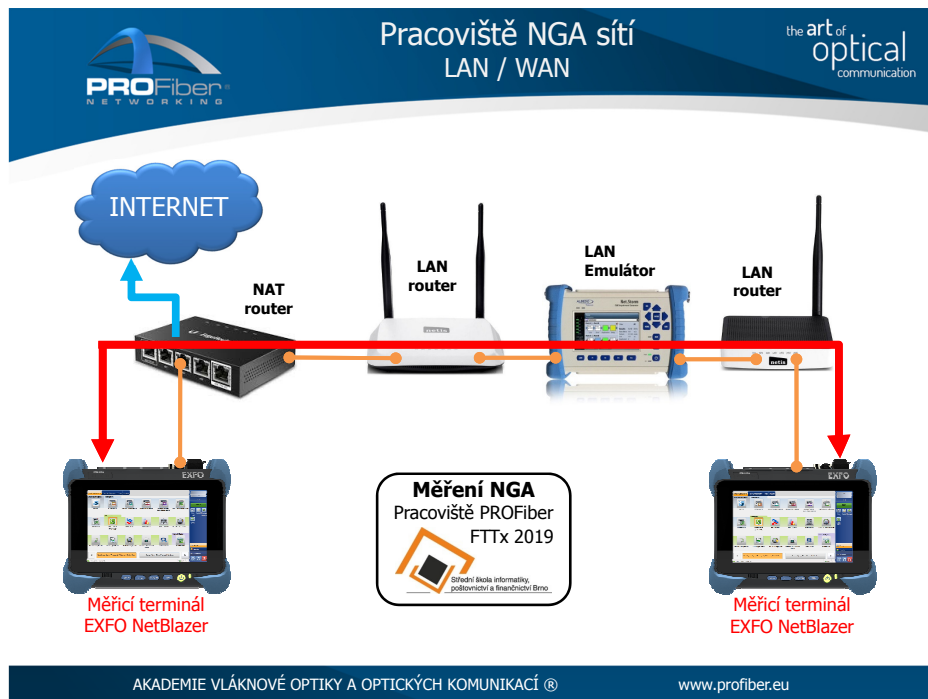
Zpoždění FD = 5 ms

Ztrátovost FLR = 5 %

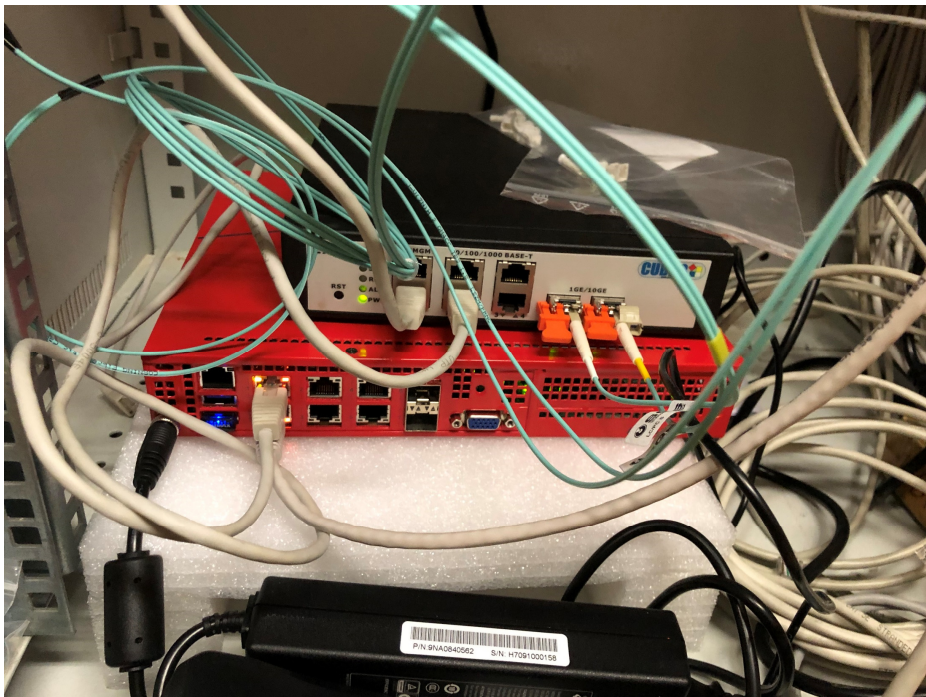
Zpoždění FD = 5 ms

| TCP Throughput                 |                   |                    |                    |                  |  |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|--|
| Window                         | Ideal L4 (Mbit/s) | Actual L4 (Mbit/s) | TCP Efficiency (%) | Buffer Delay (%) |  |
| L->R 12 KiB (2 conn.@ 6 KiB)   | 75,1              | 72,6               | 96,80              | 19,63            |  |
| R->L 12 KiB (2 conn.@ 6 KiB)   | 75,1              | 72,0               | 95,98              | 62,29            |  |
| TCP Throughput                 |                   |                    |                    |                  |  |
| Window                         | Ideal L4 (Mbit/s) | Actual L4 (Mbit/s) | TCP Efficiency (%) | Buffer Delay (%) |  |
| L->R 104 KiB (2 conn.@ 52 KiB) | 75,1              | 58,5               | 77,89              | 2,96             |  |
| R->L 104 KiB (2 conn.@ 52 KiB) | 75,1              | 58,5               | 77,89              | 6,23             |  |
| TCP Throughput                 |                   |                    |                    |                  |  |
| Window                         | Ideal L4 (Mbit/s) | Actual L4 (Mbit/s) | TCP Efficiency (%) | Buffer Delay (%) |  |
| L->R 104 KiB (2 conn.@ 52 KiB) | 75,1              | 21,9               | 29,18              | 2,12             |  |
| R->L 104 KiB (2 conn.@ 52 KiB) | 75,1              | 20,6               | 27,43              | 125,82           |  |
| TCP Throughput                 |                   |                    |                    |                  |  |
| Window                         | Ideal L4 (Mbit/s) | Actual L4 (Mbit/s) | TCP Efficiency (%) | Buffer Delay (%) |  |
| L->R 104 KiB (2 conn.@ 52 KiB) | 75,1              | 7,0                | 9,32               | 2,68             |  |
| R->L 104 KiB (2 conn.@ 52 KiB) | 75,1              | 6,7                | 8,92               | 40,90            |  |

Přijďte se přesvědčit na pracoviště NGA sítě: Jak závisí poskytovaná rychlost připojení k internetu (TCP propustnost) na kvalitativních parametrech sítě jako je ztrátovost, zpoždění atd.







Děkujeme

[info@profiber.eu](mailto:info@profiber.eu)

[www.profiber.eu](http://www.profiber.eu)

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ®

PROFiber Networking CZ s.r.o.  
Mezi Vodami 205/29  
143 00 Praha 4

PROFiber Networking s.r.o.  
Bernolákova 2  
917 01 Trnava

the art of  
optical  
communication

