

RFC 6349 TrueSpeed

Bevezetés

A távközlési szolgáltatók adatátviteli infrastruktúrájának egyik legelterjedtebb minősítésére mai napig az RFC 2544 ajánlás szerinti mérés szolgál, mely mérési eljárás 1999-ben lett publikálva. A mérési módszerrel azonban nem a hálózatot minősítjük, hanem a hálózathoz kapcsolt eszközök performanciáját. Az RFC 2544 ajánlás szerinti mérést elsősorban a HW gyártók alkalmazzák, hogy termékeik tulajdonságai összehasonlíthatók legyenek.

- Throughput: maximális sebesség, mely keretvesztés nélkül érhető el
- Back-to-Back: maximális throughput mellett milyen mennyiségű burst-ös keretet küldhetünk anélkül, hogy keretvesztés történik
- Csomagvesztés: konstans terhelés mellett mennyi keretvesztés történt, mennyi keretet nem volt képes feldolgozni a tesztelt eszköz (százalékban kifejezve).
- Késleltetés: mennyi idő szükséges ahhoz, hogy a tesztportról kiküldött keret a tesztelt eszköz/interfész irányából visszaérkezzen a tesztportra

Interfészek minősítése szempontjából az RFC 2544 mérés kiváló, azonban hálózat minősítés szempontjából komoly hiányosságok lépnek fel, úgy mint:

- egy időben csak egy típusú (nagyságú) keretmérettel tesztelünk, holott a hálózati eszközöknek a való világban random méretű keretek sorozatával kell megbirkóznia,
- az RFC 2544 teszt nem biztosít több, párhuzamos stream-el történő mérést, ami azért probléma, mert a legtöbb esetben a hang-, videó- és adatfolyamok párhuzamosan, különálló streamekben, különböző VLAN-okban kerülnek továbbításra
- bár a késleltetés mérésére megoldást nyújt az RFC 2544, azonban a késleltetés ingadozásra (jitter) nem ad választ. További probléma, hogy szekvenciális tesztek (nem életszerű tesztek) során a buffer „meghamisíthatja” a késleltetés értékét

Összegezve az RFC 2544 szerinti mérés a hálózati elemek teljesítő képességének határát vizsgálja, amit közvetlenül a felhasználó nem érzékel. Az életszerűbb és a hálózat átfogó minősítésére született meg az Y.1564 szabvány. Az Y.1564 méréssel az Ethernet hálózaton nyújtott szolgáltatásminőséget vizsgáljuk.

Az Y.1564 szabvány 3 fontos területen jelent előrelépést:

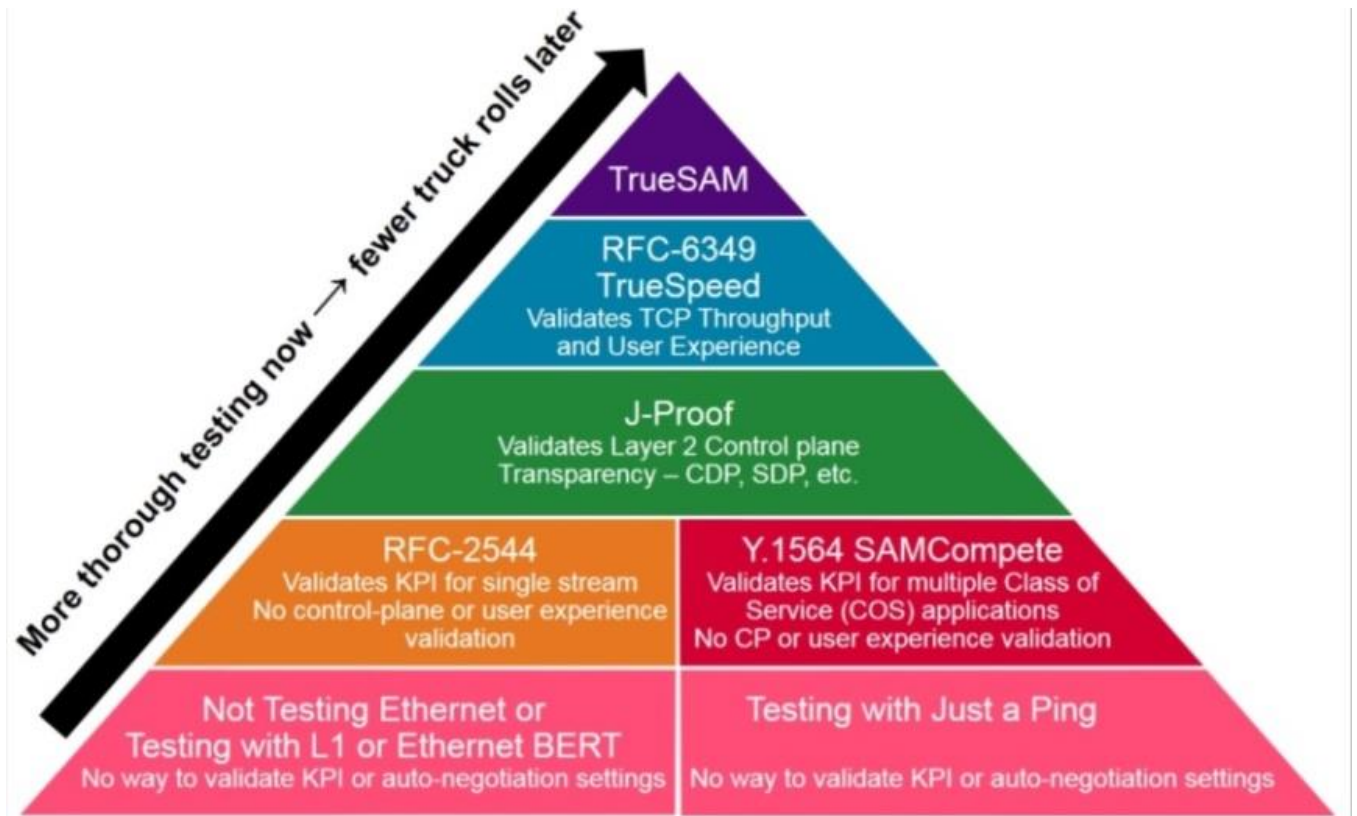
- SLA (service level agreement) vizsgálatára alkalmas, pl. egy sikeres méréssel garantálni tudjuk, hogy a nyújtott Ethernet szolgáltatás megfelel az előírtaknak
- Az Y1564 szerinti mérés a hálózat egészére vonatkozó SLA mellett (a párhuzamos stream-ek alkalmazásának köszönhetően) egy-egy különálló szolgáltatás SLA mérést is lehetővé teszi. Mivel a különböző típusú forgalmak (voice, data , video, magas prioritással rendelkező forgalom) átvitele a hálózaton különböző hálózati kondíciókra érzékenyek, a szolgáltatás egészén belül egy-egy „rész-SLA” is validálása is érdekes lehet. Egy ilyen komplex mérési eljárás során a hálózat teljesítőképességét olyan körülmények között ellenőrizzük, amikor párhuzamosan több alkalmazás használja ugyanazt a hálózatot
- Az Y.1564 mérési eljárás egyszerűsíti a hálózati stressz-tesztet

Az Y.1564 szabványt alkalmazva már akkor is tudjuk az Ethernet hálózat teljesítőképességét vizsgálni, ha egyszerre több, párhuzamosan jelenlévő szolgáltatást használunk. Viszont ezzel az eljárással sem jutottunk el a „felhasználói élményhez”, mivel az eljárás még mindig nem taglalja a magasabb, Layer 4-ben (OSI-modell szerint) működő TCP kapcsolatokat, amelyhez tartozó nem megfelelő beállításokat érzi meg leginkább a felhasználó (pl. a weboldal lassan töltődik be). A probléma megoldására született meg az RFC 6349 szabvány.

RFC 6349

Az RFC 6349 szabvány egy Viavi (korábban JDSU), Bell Canada és Deutsche Telecom közreműködésével létrejött komplex teszteljárást ír le, melyet később az IETF is elfogadott. Ez egy reprodukálható szabványos tesztelési lehetőséget biztosít számunkra. Az „**RFC 6349 TrueSpeed**” az iparág első, Viavi mérőműszerekben implementált teljesen automatizált TCP áteresztőképesség vizsgálatára alkalmas mérési eljárás.

A Viavi által javasolt tesztelési módszerek hierarchiája az **1. ábrán** látható.



1. ábra

Ahogy látjuk, az „összedugtuk és minden LED zöld volt”-on túl is van élet, a tesztelési eljárások összetettek: a piramisban van helye az RFC 2544, az Y.1564 mérésnek is, azonban további tér nyílik a célzottabb tesztelési irányába is. Mi a végeredmény? A fenti tesztek sikeres végrehajtása után garantálhatjuk a hálózati szolgáltatás performanciáját. Hátradőlhetünk, legalábbis egy ideig biztosan...

Visszakanyarodva a felhasználói élményhez, nézzük meg, hogy miként lehetséges az, hogy egy L2-L3 szempontból kiváló hálózat, ami 100%-ban teljesíti az RFC 2544, Y.1564 szerinti méréseket mégis elvérzik egy olyan teszten, ahol a felhasználó szemszögéből vizsgáljuk a hálózatot? Minden további felvezetés nélkül, ehhez ismernünk kell a TCP működését.

A TCP-ről röviden

A TCP (Transmission Control Protocol – Átvitel Vezérlési Protokoll) egy kapcsolat orientált eljárás. TCP esetén a kapcsolatnak fel kell épülnie, majd le kell bontódnia a két végpont között. Ez az ún. 3 utas kézfogás (handshake), amely az összeköttetés létrehozásából, az adatátvitelből, és az összeköttetés lebontásából áll.

A TCP-t eredetileg arra a feladatra szánták, hogy megbízhatatlan hálózatokat kapcsoljanak össze vele, és a hálózat két végpontján (host) működő programok között megbízható, sorrendhelyes full duplex adatfolyamot biztosítson.

A TCP két alkalmazás között hoz létre logikai összeköttetést (port címüket felhasználva, Layer 4-es szállítási rétegben), míg az IP két végpont között (IP címüket felhasználva, Layer 3-as hálózati rétegben), az Ethernet pedig két szomszédos hálózati eszköz között létesít fizikai összeköttetést (MAC címüket felhasználva, Layer 2-es adatkapcsolati rétegben).

A TCP az operációs rendszer szemszögéből nézve ún. socket-ek között teremt kapcsolatot, és ez a magasabb hálózati Layerben lévő alkalmazás oldaláról nézve interfésznek tekinthető. A socket-ekre hivatkozással használjuk a port számot. A TCP-t csak pont-pont kapcsolatra tudjuk használni. Erre példa a webböngésző és a webservert kapcsolódása. Ilyenkor globálisan egyedi azonosítás történik.

A TCP shaping-et és torlódásvezérlést is végez. A TCP valós idejű összeköttetések esetén nem használható megfelelően, mert az adatírás/adatküldés időzítés nincs szinkronban az alkalmazásokkal a shaping és torlódásvezérlés miatt.

A TCP célja, hogy hasznosítsa a rendelkezésre álló sávszélességet, és eközben a torlódásokat elkerülje. Ez magas áteresztőképességet eredményez, mely a stabilitás rovására megy. A TCP teljesítményt befolyásolják a torlódásvezérlési algoritmusok. A csomagvesztés és/vagy a megnövekedett RTT (Round Trip Delay - Kétirányú Késleltetési Idő) rontja az áteresztőképességet. Ezért volt fontos az RFC 6349 szabvány megalkotása, ami mindezek tesztelését teszi lehetővé.

Az IETF RFC 6349 szabvány tesztlépései:

1. Tradicionális RFC 2544 teszt futtatása: Layer 2/3 hálózati integritás ellenőrzése
2. Egész átviteli útvonalra érvényes MTU¹ detektálása (RFC 4821): a hálózat MTU-jának ellenőrzése aktív TCP szegmens méret teszteléssel, hogy megbizonyosodjunk a payload (hasznos teher) nem fragmentálódik-e. Újraküldés esetén a fragmentáció extra forgalmat generál.
3. Alapvonal RTD/RTT és sávszélesség mérése: az optimális TCP ablak jóslása a BDP²-ből számítva.
4. Egyszeres és többszörös TCP kapcsolat áteresztőképességének tesztjei: a TCP ablakméret jóslásának ellenőrzése, ami lehetővé teszi az automatizált „full pipe” TCP tesztelést. Ez azt jelenti, hogy a TCP teljes kihasználtságát tudjuk vele tesztelni.

Az **RFC 6349 TrueSpeed** (Viavi implementációja) esetén a következőket mérhetjük:

- Alkalmazás hatékonyság
- Teljes átviteli útra az MTU méret (RFC 4821)
- Kétirányú késleltetés, illetve kétirányú késleltetési idő (RTD/RTT)
- Optimális TCP ablak
- TCP hatékonyság
- Buffer késleltetés
- Shaping emuláció

Alkalmazás hatékonyság

TCP alkalmazások lehetnek pl: webböngészés, fájl átvitel, céges business alkalmazások, stb. Ezeknek az alkalmazásoknak a hatékonyságát tudjuk tesztelni a Viavi **TrueSpeed** tesztelési eljárásával.

MTU méret a teljes átviteli útra (RFC 4821)

Az MTU méret detektálással ellenőrizhető, hogy Ethernet alapú hálózat esetén a Layer2-ben lévő Ethernet keretek payload-jai (vagyis az IP datagram) nem fragmentálódnak-e (kisebb részekre darabolódnak) a hálózati átviteli úton, mely hátrányosan érintheti az áteresztőképességet. Tehát ez hatással van a TCP átvitelre is. Fragmentálódás akkor fordulhat

¹ MTU - Maximum Transmission Unit – Legnagyobb Átvihető Egység. Layer 2-ben a PDU méretre engedélyezett maximum. Különböző struktúrájú hálózatokon keresztül is felépülhet TCP kapcsolat, ezért az egész átviteli útra érvényes MTU mindig a legkisebb MTU.

² BDP - Bandwidth Delay Product – Sávszélesség késleltetési szorzat. Az adatátviteli sebességből és a kétirányú késleltetésből számítjuk.

elő, amikor a csomag nagyobb MTU-val rendelkező alhálózatról kisebb MTU-val rendelkező alhálózatra lép át.

Kétirányú késleltetési idő (RTT)

A kétirányú késleltetési időt a kommunikáció két végpontja között határozzák meg, erre különböző algoritmusok születtek. Az az időtartam, amíg pl. egy csomag a küldőtől megérkezik a vevőig, és a nyugtázás visszaér a küldőhöz. Minél kevesebb ez az időtartam, annál jobb az áteresztőképesség.

TCP ablak / Optimális TCP ablak

A TCP ablak méret, az az adatmennyiség, amelyet a küldő a hálózatra tesz mielőtt még a nyugtázást igényelné a vevőtől. Más szóval a vevő tud üzeni a küldőnek, hogy mennyi adatot képes még fogadni (Advertised Window / Receive Window). Ennek használatával a vevő meg tudja akadályozni, hogy egy túl gyors küldő elárassza a vevőt. A TCP szegmens fejlécének Window mező³ mérete 2 bájt, így az ablak (Advertised Window) maximális mérete 64 kB lehet, viszont a Window Scale opcióval a mérete növelhető egészen 1 GB-ig. Ez a TCP szegmens fejlécében, a TCP Options mezőben található. Az operációs rendszerben a megfelelő paraméter beállításával (pl. Windows esetén a PowerShell-ből a *Set-NetTCPSetting* parancs paraméterezésével) tudjuk változtatni a TCP beállításokat, köztük az ablakméretet is.

Példa az optimális TCP ablak számítására

Adott egy 1 Gbps link, és 4 ms az RTT a linken. A TCP ablak 128 kB méretű, ami azt jelenti, hogy ez 1 ms alatt telik meg egy 1 Gbps linken. 4 ms RTT azt jelenti, hogy 2 ms-ba telik a nyugta (ACK) átérése a vevőtől a küldőig. Ebben az esetben jól látszik, hogy nincs optimálisan kihasználva a link, mert 1 ms alatt megtelik a TCP ablak. A küldő addig nem tud több adatot küldeni, amíg a nyugtázást meg nem kapja. Tehát az optimális ablak nagyobb ennél, erre született egy másik fogalom, a korábban már említett BDP.

Számítása:

$$BDP = RTT \times \frac{BW}{8}$$

³ A TCP/IP szabvány megalkotásakor a 64 kB-os ablakméret elegendőnek tűnt, kb. 100 Mbps-os sebességig elég is, viszont manapság a gigabites kapcsolatokhoz kevés.

Tehát a $BDP = 4 \text{ ms} \times 1000/8 = 500 \text{ kB}$. A 128 kB-os TCP ablakkal csak 250 Mbps körüli sebesség érhető el, ($TCP \text{ áteresztőképesség} = \frac{TCP \text{ ablakméret} \times 8}{RTT} = 128 \text{ kB} \times 8 \text{ bit} / 4 \text{ ms} = 256 \text{ Mbps}$) viszont a TCP ablak megfelelő beállításával, amihez a Viavi **TrueSpeed** tesztje nyújt segítséget, sokkal jobb Layer 4-es sebesség érhető el, amit közvetlenül az ügyfelek tapasztalhatnak meg leginkább.

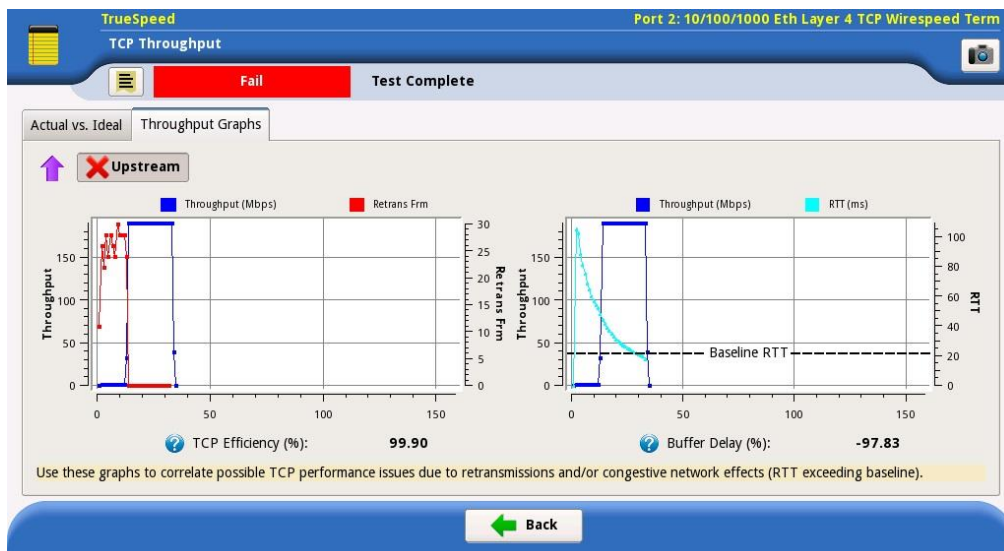
TCP hatékonyság

A TCP hatékonysági metrika azoknak a bájtoknak a százaléka, amelyeket nem kellett újra küldeni.

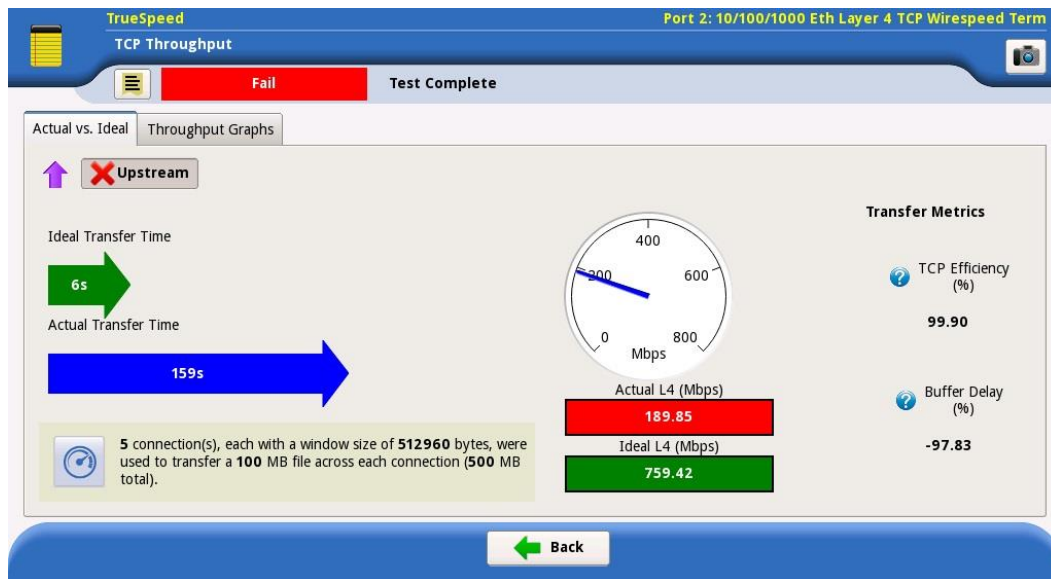
Számítása:

$$\frac{\text{összes átküldött bájtok száma} - \text{újraküldött bájtok száma}}{\text{összes átküldött bájtok száma}} \times 100$$

100% a legjobb, ekkor nem volt újraküldés, minél több bájt kerül újraküldésre, annál kisebb lesz a hatékonyság százalékban kifejezve. A műszer szemléletesen egy ábrában (**2. és 3. ábra**) jeleníti meg a TCP áteresztőképességet, és az esetleges újraküldéseket, illetve az ábra alá kiírja a TCP hatékonyságot százalékban.



2. ábra



3. ábra

Buffer késleltetés:

A TCP áteresztőképességet az RTT is befolyásolja, amelyre pedig a hálózati torlódás, és buffer késleltetés van hatással.

Számítása:

$$\frac{\text{átvitel alatti átlagos RTT} - \text{alapvonalis RTT}}{\text{alapvonalis RTT}} \times 100$$

Ha például az alapvonalis RTT egy hálózati átviteli útra 2 ms, és az átlagos RTT a teszt alatt megnövekszik 3 ms-ra, akkor a buffer késleltetés 50%-os lesz. Az alapvonalis RTT a hálózat velejárója, és ebbe nem tartozik bele a hálózati torlódás által okozott késleltetés. Az átvitel alatti átlagos RTT-be már beletartozik a hálózati torlódás általi késleltetés. Ha magas a buffer késleltetés százalékban kifejezve, akkor az azt jelenti, hogy a hálózati torlódások növekedést okoznak az RTT-ben (pl. 0% esetén nincs növekedés). A műszer ezt is egy szemléletes ábrában jeleníti meg (2. és 3. ábra), a kétfajta RTT-t felrajzolja, illetve kiírja a buffer késleltetést százalékban. A 2. és 3. ábrán látható, hogy a teszt nem felelt meg, túl nagy volt a transfer time és az RTT. Az optimális beállításhoz nyújt segítséget a későbbiekben bemutatásra kerülő „TCP Doctor” nevű beépített szolgáltatás.

A Viavi RFC 6349 TrueSpeed-ről részletesebben

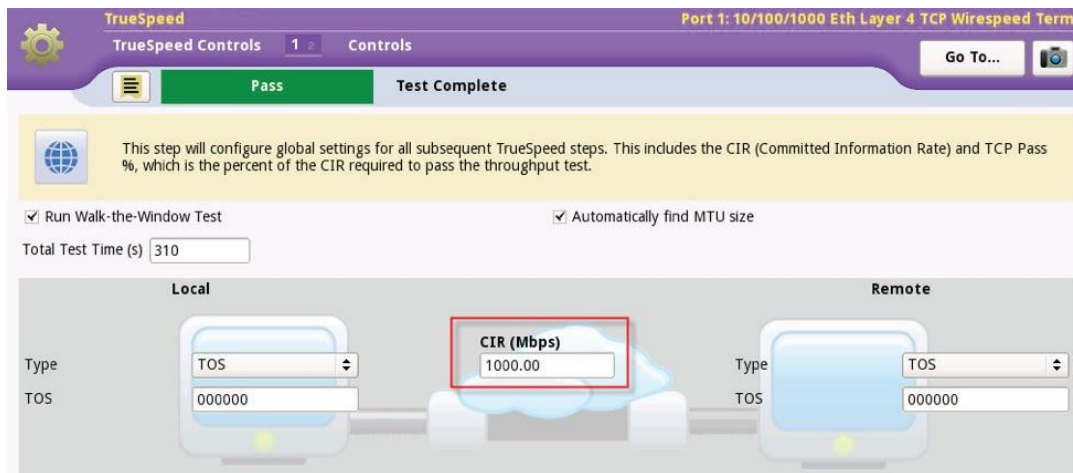
A Viavi **TrueSpeed** az RFC 6349 szabvány „egygyombos” implementációja, melynek futtatásához csak a fizikai tesztműszert, vagy akár virtuális tesztkörnyezetet is használhatunk. A virtuális tesztmegoldás egy PC-re telepíthető szoftvert jelent, amit Windows vagy Linux operációs rendszer alá telepíthetünk, de a Viavi már kiadott olyan agent alapú változatot is, ami hálózati elemekre (CPE, router) is telepíthető. Ezáltal példátlan tesztelési skálázhatóságot nyújt

A Viavi TrueSpeed RFC 6349 implementációjának jellemzői:

- együttműködés a Viavi IP tesztműszerei között, továbbá ONX (DOCSIS, xDSL) mérőműszerekkel, illetve szoftver kliensekkel (Truespeed VNF), amelyek különböző hálózati elemekre telepíthetők
- a „TCP Doctor” szolgáltatás a teszt eredményekből könnyen megérthető diagnózist állít fel a gyenge TCP teljesítmény problémákra, root cause analízist biztosít számunkra
- az integrált shaper funkciót egyszerűen használhatjuk, amely a TCP teljesítményt demonstrálja nekünk a shaper használatával, vagy anélkül
- központi riportkészítési lehetőség – mért eredmények automatikusan feltöltésre kerülnek egy operátor által felügyelhető (Viavi által üzemeltetett) felhő rendszerbe, így a hálózatoperátori csapat könnyen hozzáférhet az eredményekhez

A szolgáltatásaktiválási tesztek során a mérés konfigurálása a lokális műszeren történik, a távolvégi ponton általában ennek a műszernek a párját (pl. Viavi MTS-5800 IP tesztműszer) használjuk loop-back eszközként, ilyenkor a távolvégi műszer csak egy visszacsatolást képez.

A 4. **ábrán** látható, hogy milyen egyszerű futtatni egy **TrueSpeed** tesztet. A felhasználónak egyszerűen be kell írnia a távoli tesztpont IP címét, az Upstream és Downstream CIR⁴-t, majd végül meg kell nyomni a „Go” gombot.



4. ábra

„TCP Doctor”

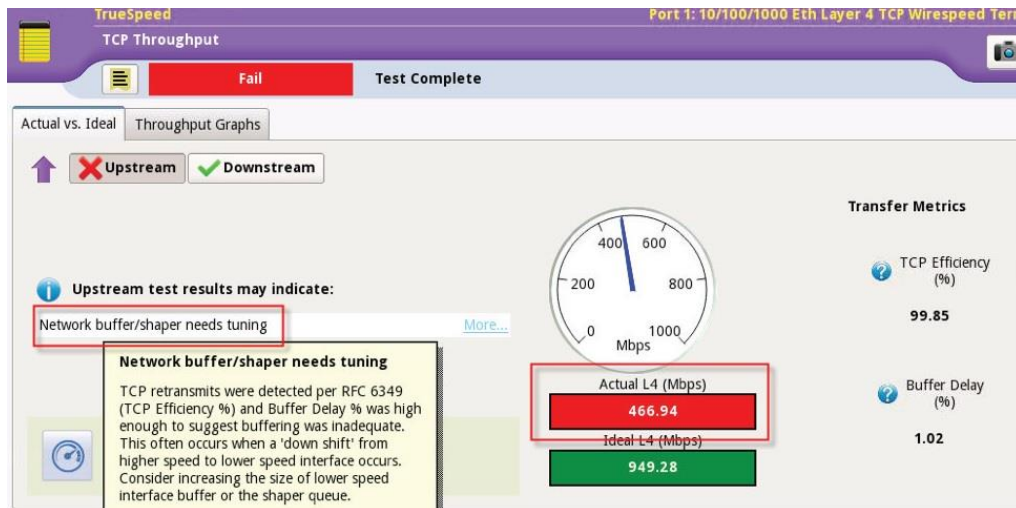
Az RFC 6349 szabvány Viavi által készített **TrueSpeed** implementációja tartalmaz egy "TCP Doctor" szolgáltatást is. A TCP Doctor a teszteredményekből levonja a megfelelő következtetéseket és könnyen megérthető diagnózist állít fel a gyenge TCP teljesítmény okairól.

Például a hálózati sebesség hirtelen csökkenései olyan helyzetekre utalnak, amikor a nagyobb sebességű LAN kapcsolatot alacsonyabb sebességű WAN hálózaton keresztül viszik át.

Az 5. **ábrán** az az eset áll fenn, hogy a vállalati adatközpont egy 10 Gbps Ethernet LAN linken van összekötve egy 1 Gbps Ethernet WAN linkkel, és megkíséreljük a 1000 Mbps-os adatátvitelt (Layer 1), de az eredmény nagyon rossz lesz.

A **TrueSpeed** TCP Doctor egyértelműen leírja nekünk a lehetséges problémát - ebben az esetben észrevehető, hogy a hiba forrása a nem megfelelő interfész buffer méret, vagy shaping-gel kapcsolatos probléma volt.

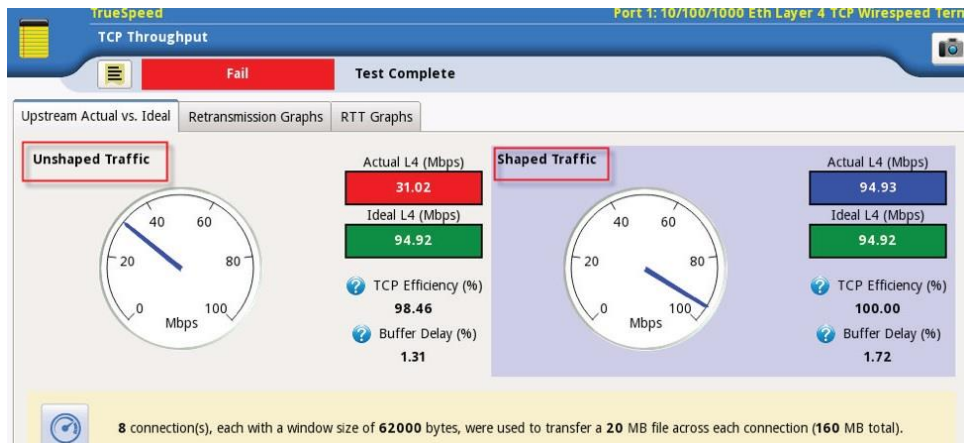
⁴ CIR (Comitted Information Rate): maximálisan garantált Layer 1 adatsebesség. CIR esetén késleltetést, keretvesztést, és jittert lehet szükséges mérni. Még egy ezzel kapcsolatos fogalom, az EIR (Excess Information Rate): az a maximális Layer 1 adatsebesség, amikor még keretek eldobására nem kerül sor, ennél nagyobb sebességnél a kereteket eldobja a hálózat. EIR esetén csak akkor továbbítódnak a keretek, ha erre a megfelelő sávszélesség rendelkezésre áll.



5. ábra

Integrált shaper

A Truespeed integrált shaper-emuláció képességgel is rendelkezik, így a szolgáltató az üzleti előfizetőinek a szolgáltatás átadási pontokon bizonyítani tudja, hogy a szolgáltató hálózata rendeltetésszerűen működik (például a policy-nak megfelelően), abban az esetben, amikor pl. az előfizetők berendezésében a shaping funkció rosszul konfigurált, vagy hiányzik. Ilyenkor a szolgáltatási végponton a shaping funkció ki- és bekapcsolt állapota mellett vagyunk képesen a TCP összeköttetést minősíteni. A **6. ábrán** látható a shaping be- és kikapcsolt állapotának demonstrálása. Ebben az esetben a vállalati ügyfél LAN adatátviteli sebesség képessége és a szolgáltató WAN átviteli sebessége is 1 Gbps. A vállalati ügyfél csak 100 Mbps szolgáltatást vásárolt, és nem alakította ki a shaping-et a 100 Mbps policy sebességhez a WAN felé történő átadás előtt. Ennek eredményeképpen a hálózat teljesítménye gyenge volt, és a vállalati ügyfél a gyenge teljesítmény miatt a szolgáltató WAN elérésében vélte felfedezni a hiba forrását. Ez a példa is azt mutatja, hogy a **TrueSpeed** használatával a szolgáltató hasonló eredményt tud mutatni a shaping be- és kikapcsolt állapotáról az ügyfélnek problémás esetben.

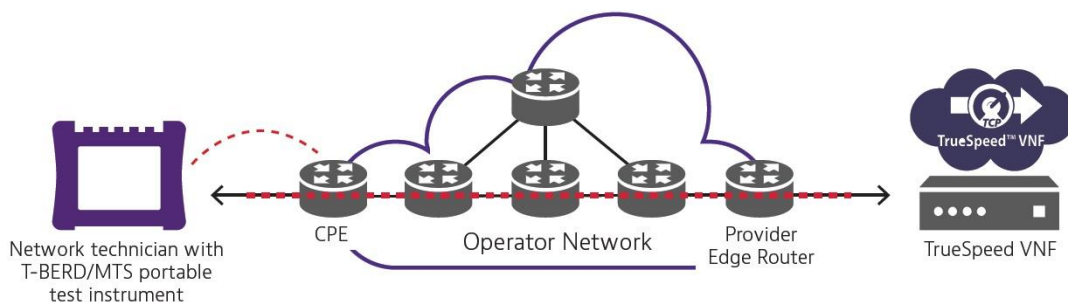


6. ábra

Összefoglalás

A normál RFC 6349 szabvány szerinti mérés egy strukturált lépéssorozatot határoz meg a TCP áteresztőképesség megfelelő tesztelésére, ehhez egy bizonyos szintű TCP szakértelem szükséges. A Viavi **TrueSpeed**-je viszont automatizálja az RFC 6349 teszt valamennyi elemét, beleértve a következőket: BDP számítása, az optimális TCP ablaknak és a kapcsolatok számának a meghatározása, továbbá az összes RFC 6349 lépés futtatása egy lépéssorozatban beleértve az MSS (Maximum Segment Size – Maximális Szegmens Méret), RTT, és áteresztőképességi teszteket is, valamint a fel- és letöltési irány tesztelése egy komplex teszt keretében kerül végrehajtásra. NAT-olt hálózat sem jelent problémát a teszt futtatásakor.

A képesség, hogy nem csak fizikai mérőműszerek között tudunk tesztelni, hanem akár egy VNF szerverrel, vagy egy hálózati elemen lévő VNF agent-tel szemben is, példátlan szegmentálási lehetőséget nyújt több különböző technológiát vagy több szolgáltatói hálózatot tartalmazó környezetben (7. ábra).



7. ábra

A Viavi **TrueSpeed** megoldása az RFC 6349 tesztre időben, hatékonyságban és pontosságban biztosít előnyt számunkra, hogy a szolgáltatás aktiválás munkafolyamata olyan egyszerű és gördülékeny legyen, amennyire csak lehet. A **TrueSpeed** beépített shaper-e, TCP doktora, illetve a központosított riportálási lehetőség segítséget nyújt a hálózati problémák gyors kiküszöbölésében.

Az egyszerű turn-up tesztekkel szemben a **TrueSpeed** használata lehetővé teszi a hálózati szolgáltatók számára, hogy ugyanazt tapasztalhassák a hálózaton, mint az ügyfelek az ügyfél oldalról. Mindemellett elkerülhető a szolgáltató és az ügyfél általi egymásra mutogatás, illetve egy robusztus és automatizált teszt lehetőségét adja „egy gombos” könnyen beállítható kezelőfelülettel, a teszt végén pedig egy egyszerűen megjelenő megfelelt/nem megfelelt eredménnyel.

Irodalomjegyzék

1. <http://www.viavisolutions.com/en-us/literature/rfc-6349-test-truespeed-product-and-solution-briefs-en.pdf>
2. <http://alpha.tmit.bme.hu/meresek/lantcp.htm>