

Internet-hozzáférések teljesítményvizsgálata webböngészőben

OROSZ PÉTER, KULIK IVETT, MAROSITS TAMÁS

*BME Távközlési és Médiainformaticai Tanszék, Smart Communications Laboratórium
{orosz, kulik, marosits}@tmit.bme.hu*

Kulcsszavak: internet-hozzáférés, szolgáltatásminőség, TSM rendelet, mérőrendszer, böngésző

Az internetszolgáltatók elsősorban a hozzáférési sebességek növelésével igyekeznek a változó fogyasztói igényeknek megfelelni. Ezzel szemben az újgenerációs média- és IoT-alkalmazások forgalmának továbbítása nem csak kapacitásnövelést jelent a Jövő Internetének hálózati operátorai számára. Fontos kérdés, hogy az internetkapcsolat minőségét hogyan tudja garantálni a szolgáltató, illetve mikor tekintünk egy hozzáférést jó minőségűnek. Az előfizető oldalán felmerül az ellenőrizhetőség kérdése: van-e a felhasználó kezében olyan eszköz, amellyel tetszőleges időpontban, megbízhatóan mérhető a kapcsolat aktuális minősége? A cikkben áttekintjük a internet-hozzáférés minőségét meghatározó hálózati paramétereket és azok mérés technikáját, majd egy olyan vizsgálati módszert és megvalósítást ismertetünk, amely széles hozzáférési hálózati sebességtartományban lehetővé teszi a kapcsolatok főbb paramétereinek nagy pontosságú mérését webböngésző felhasználásával.

1. Bevezetés

Az internet-hozzáférési szolgáltatók növekvő ütemben emelik az előfizetés-csomagokhoz tartozó elérési sebességeket, ezzel igyekeznek megfelelni a változó fogyasztói igényeknek. Elsődleges kérdés, hogy az előfizetett internetkapcsolat minőségét hogyan tudja garantálni a szolgáltató, illetve mikor tekintünk egy internet-hozzáférést jó minőségűnek. Előfizetői oldalon pedig felmerül az igény egy olyan eszközre, amellyel tetszőleges időpontban, megbízhatóan ellenőrizhető az internetkapcsolat aktuális minősége a főbb paraméterek tekintetében.

Sok esetben a szolgáltató által garantált és maximált sebességek között nagyságrendi eltérés tapasztalható. Az előfizető természetes elvárása, hogy az internet-hozzáférés rendelkezésre álló kapacitása a felhasználási idő jelentős részében a szerződésben vállalt maximális sávszélesség közelében legyen. A fentiek alapján fontos feladat, hogy meghatározzuk azokat a hálózati paramétereket, amelyek közvetlen hatással vannak a felhasználó által tapasztalt szolgáltatásminőségre. Érdemes megjegyezni, hogy a felhasználó valójában közvetlenül az általa használt alkalmazásokon keresztül érzékeli az internetkapcsolat minőségét. A hozzáférést akkor értékeli jó minőségűnek az előfizető, ha az internetes alkalmazásai megfelelő válaszidővel és akadozás nélkül működnek, tetszőleges napszakban.

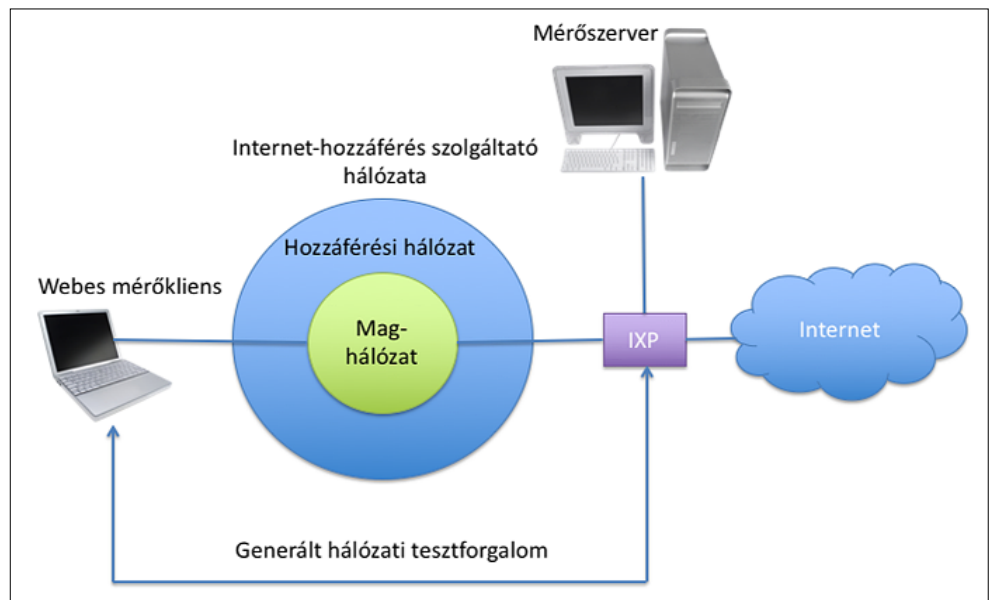
Az internet globális forgalmi összetételét megvizsgálva erős trendként láthatjuk, hogy az elmúlt években jelentősen emelkedett a médiaszolgáltatások által generált forgalmak aránya. Ha a jelen helyzetet és a közeljövőre vonatkozó előrejelzéseket megnézzük [1–3], látható, hogy a videóforgalom dominál az internetes forgalmi mixben. Ez a jelenség a jövőben még inkább erősödni látszik. A nagyságrendi növekedést egyrészt a videómegosztó oldalak, másrészt az online videotékák és a TV-

szolgáltatások generálják. Globális trendként jelentkezik, hogy a felhasználók egyre több internetes médiatartalmat fogyasztanak otthoni és hordozható eszközeiken egyaránt. A forgalmi növekedés másik motorja a továbbított médiatartalmak közelmúltbeli növekvő felbontása (1080p, 4k), mely a videókódolók tömörítési hatékonyságának javulása mellett is növekvő átviteli sebességet igényel a hálózattól. Ahhoz, hogy az előfizetőkhöz megfelelő minőségben jusson el a médiatartalom, a szolgáltatói transzport-hálózat kapacitásnövelésével párhuzamosan a hozzáférési sávszélességet is folyamatosan emelni kell.

Az új típusú médiafolyamok átvitele a hálózati operátorok számára nem csak a rendelkezésre álló sávszélesség tekintetében jelent kihívást. A valós idejű médiaszolgáltatások (élő TV-adás, videokonferencia, Voice over IP, kommunikációs alkalmazások, online játékok stb.) alacsony továbbítási késleltetést, késleltetésingadozást és alacsony csomagvesztési arányt is megkövetelnek a megfelelő felhasználói minőségérzethez. Az átviteli kritériumok teljesülése a klasszikus best effort továbbítási modell alapján nem minden esetben biztosítható a kapacitások jelentős növelése nélkül, sok esetben még azzal sem.

A médiaszolgáltatások forgalmi dominanciája előírja a fel- és letöltési sebességen túlmenően egyéb hálózati metrikák vizsgálatát is. Itt fontos megjegyezni, hogy az internethasználathoz kapcsolódó minőségérzetet nem pusztán a hozzáférési hálózat kapacitása határozza meg. A internet-hozzáférési szolgáltató részéről a felhordó és maghálózat, illetve az internet irányú kapcsolatok kihasználtsága egyaránt hozzájárul a felhasználó által tapasztalt szolgáltatásminőséghez. Az objektív, mérhető metrikák felhasználásával az előfizető számára képet adhatunk a megvásárolt internet-hozzáférés tényleges, aktuális minőségéről.

Jelen cikkben áttekintjük az internetkapcsolatok szolgáltatásminőségi vizsgálatához kapcsolódó hálózati paramétereket és az érvényes nemzetközi mérés technikai szabványokat, ajánlásokat. Érintjük az EU TSM rendeletének releváns műszaki elemeit. Továbbá bemutatunk egy saját fejlesztésű mérőrendszert, mely webböngésző használatával, alacsony mérési hibával teszi lehetővé az internetkapcsolat minőségének vizsgálatát széles sebességtartományban.



1. ábra

Mérőszerver elhelyezése internetkicserélő központban (IXP-ben)

2. Internetkapcsolatok minőségének mérés technikája

2.1. Mérések kivitelezése

Az internet-hozzáférés minőségének vizsgálata összetett feladat. Több műszaki szempont együttes vizsgálata alapján választható ki a célnak leginkább megfelelő mérési módszer és mérőrendszer-architektúra.

Első számú műszaki kérdés, hogy a mérés passzív vagy aktív módon kerül-e kivitelezésre.

- Vizsgálhatók a hálózati átviteli paraméterek a forgalom passzív mérésével. Ebben az esetben a mérőrendszer nem generál többletforgalmat, a hálózaton jelen lévő előfizetői forgalmakon végez méréseket.
- Aktív mérés esetén a mérőrendszer két egységből áll: egy forgalomgenerátorból, mely specifikus testforgalmat küld a hálózaton, valamint egy mérőegységből, amely fogadja a testforgalmat és megméri az előre definiált átviteli paramétereket.

A második tervezési szempont a mérőegység elhelyezése, a mérési pont vagy pontok kijelölése a hálózatban. Tipikus eseteket nézve telepíthető mérőrendszer

- a szolgáltató maghálózatán belül,
- az előfizetői végponton vagy annak közelében (otthoni vagy szolgáltatói hozzáférési hálózaton),
- a szolgáltató külső kapcsolatainak valamelyikén,
- a szolgáltató hálózatán kívül.

Utóbbi esetben például egy olyan internetkicserélő központban (Internet Exchange), amelyhez a szolgáltató közvetlenül kapcsolódik (1. ábra). Ennek a megoldásnak előnye, hogy a szolgáltató internet irányú kapcsolatainak minősége is implicit mérhetővé válik.

A forgalmi mérés megvalósulhat egyrészt automatizáltan (akár távolról vezérelve), másrészt felhasználói együttműködéssel, crowdsourcing alapon. Utóbbi megoldás előnye, hogy egy szélesebb felhasználói bázis részvételével teljesebb kép alkotható az internet-hozzáférések minőségéről, akár egy adott szolgáltatóra vetítve, akár országos szinten. A másik oldalon viszont automa-

tizált méréssel elkerülhető a felhasználói interakció, a mérések távolról vezérelve indíthatók. Utóbbi esetben jellemzően hálózati forgalmazás szempontjából tétlen vagy alacsony intenzitású időszakban indul a mérés, így elkerülhető, hogy a testforgalom az előfizető otthoni hálózatán jelentős háttérforgalommal keveredjen.

A hálózati paraméterek elvárt mérési pontossága előirányozza a mérőrendszer architektúrájára vonatkozó főbb kritériumokat. Itt elsősorban a szoftver- és hardver-alapú mérőrendszerek közötti architektúráis különbségek kerülnek előtérbe. Szoftveres mérőrendszer esetén az 5% alatti mérési hiba, az 1 Mbit/s–1 Gbit/s sebességtartományban reális követelmény.

2.2. Mérés technika a TSM rendelet tükrében

Az EU TSM rendelete [4] előírja, hogy a nemzeti hatóságok monitorozzák az internetszolgáltatás szolgáltatásminőségi paramétereit. A rendelet példaként megnevezi az internet-hozzáférési szolgáltatás (Internet Access Service, IAS) szolgáltatásminőségi jellemzői között a késleltetést (packet delay), a késleltetés-ingadozást (packet delay variation, jitter) és a csomagvesztést (packet loss), de értelemszerűen definíciót nem tartalmaz, a mérendő paraméterek konkrét körét és azok értelmezését, a mérési eljárás kidolgozását a BEREC-re hagyja.

A BEREC a rendeletet értelmező iránymutatásában (BoR (16) 127 [5]) részletezi az egyes paraméterek – közülük is leginkább az átviteli sebesség – mérésével kapcsolatban a nemzeti hatóságok lehetőségeit és a rájuk háruló feladatokat. A használandó mérési eljárásokat illetően hivatkozik korábbi BEREC dokumentumokra is, többek között kiemelten a BoR (14) 117-re [6], amely áttekinti a témával foglalkozó akkori, fontosabb európai és nemzetközi szabványokat, ajánlásokat. A CEPT által kiadott ECC Report 195 [7] nyomdokain haladva a BEREC többé-kevésbé egyértelműsíti, hogy a feltöltési és a le-

töltési sebességet, a késleltetést, a késleltetés-ingadozást, valamint a csomagvesztési arányt tekinti szolgáltatásminőségi paraméternek, és felsorolja ezen jellemzők méréséhez a különböző szervezetek által ajánlott, vagy szabványosított eljárásokat. Az ETSI/ITU és IETF javasolta metódusok többnyire nagyon hasonlóak, kisebb eltéréseket találunk csak.

A feltöltési és a letöltési sebességre az ETSI Guide EG 202 057-4 [8], a késleltetésre, a késleltetés-ingadozásra és a csomagvesztésre az ETSI Guide mellett az ITU-T Rec. Y.1540 [9] és a G.1010 [10] adnak definíciót. Az IETF megközelítésében az RFC 7679 [11], illetve az RFC 2681 [12] adják meg az egyirányú, illetve a kétirányú késleltetés definícióját, az RFC 3393 [13] definiálja a késleltetés-ingadozást, az RFC 7680 [14], illetve az RFC 6673 [15] definiálják az egyirányú, illetve a kétirányú csomagvesztési metrikákat. Végül az RFC 3148 [16] és az RFC 6349 [17] egy vázlatát adják meg a TCP-protokollal végzett átviteli sebesség mérésnek.

Meg kell még említenünk a BEREC-nek a témához kapcsolódó viszonylag friss dokumentumát [18]. A BoR (17) 178 szokatlan módon konkrét mérési metódusokat ad meg, amelyek használatát kötelezővé kívánja tenni a TSM-rendelethez kapcsolódó, elsősorban sebességre vonatkozó mérések esetén. Ugyanakkor ezek az eljárások nem egyeztethetőek össze a nemzetközi szabványokkal és nem tekinthetőek alkalmasnak az internetkapcsolatok szolgáltatásminőségi paramétereinek pontos megmérésére.

3. A megvalósított webalapú SCL-mérőrendszer

Az alábbiakban részletesen ismertetjük az általunk javasolt szoftveres mérési módszert, valamint a megvalósított szoftveres mérőrendszer architektúráis alapjait.

Az SCL-mérőrendszer főbb tulajdonságai:

- Széles sebességtartomány (1 Mbit/s–1 Gbit/s)
- Alacsony mérési hiba: <5%
- Széles platformtámogatás (OS: Windows 7/8/10, Linux, OSX, iOS, Android; böngésző: Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox, Apple Safari)

1. táblázat

A rendszer által mért átviteli paraméterek

Mért paraméter	Mértékegys.	Felbontás	Mérés kimenete
Kétirányú késleltetés	ms	10 ⁻⁶ s	minimum/átlag/maximum
Kétirányú késleltetés ingadozása	ms	10 ⁻⁶ s	A késleltetésértékek szórása
Letöltési bitráta	Mbit/s	8 bit	TCP throughput/goodput, socket throughput
Feltöltési bitráta	Mbit/s	8 bit	TCP throughput/goodput, socket throughput
Csomagvesztési arány	%	1 csomag	Irányonként: átlag/maximum és a két irány maximuma
Újraküldött csomagok száma	db	1 csomag	TCP újraküldések száma irányonként

- Alacsony erőforrásigény kliensoldalon
- TSM rendeletben meghatározott QoS-paraméterek vizsgálata
- Skálázhatóság

A rendszer feladatai:

- közvetlen visszajelzés az előfizető számára,
- aggregált adatok gyűjtése az üzemeltető számára,
- szolgáltatásminőségi térképek előállításának támogatása,
- szolgáltatás-telepítések műszaki támogatása (új bekötések, IoT-eszközök telepítése stb.)

A végponttól végpontig végzett forgalmi mérés során a kommunikációs útvonal számos pontján jelentkezhet szűk keresztmetszet. Mivel a vizsgálat célja, hogy megmérjük az előfizető internetkapcsolatának fontosabb paramétereit, optimális esetben a tesztforgalommal szűk keresztmetszet megjelenése nélkül ki lehet tölteni a rendelkezésre álló hozzáférési sáv szélességet. Mérési hibát eredményez, ha a mérés során akár a kliensoldali végpontra, akár a kliens helyi hálózatán, vagy akár a mérőszerveren szűk keresztmetszet jelentkezik.

A mérőrendszer kliens-szerver modellen alapuló szoftverrendszer. A kliensoldal web-alapú, a szerveroldal pedig natív alkalmazás. A mérést crowdsourcing alapon a felhasználó kezdeményezi azzal, hogy böngészőjével meglátogatja a mérőrendszer weboldalát és ott elindítja a mérési folyamatot. A mérés során szekvenciálisan vizsgálja a rendszer az 1. táblázatban bemutatott hálózati paramétereket.

A rendszer, összhangban a legjobb gyakorlatokkal, 15 másodpercben maximalizálja egy adott paraméterre vonatkozó mérés időtartamát. A mérési módszernek olyannak kell lennie, hogy megadott tartományon belül (1 Mbit/s–1 Gbit/s) az előfizetői hozzáférési sebességtől függetlenül képes legyen adott mérési hibahatár és a fenti időtartam betartásával lemérni a hálózati jellemzőket. A mérés során alkalmazott transzportprotokoll a TCP. Az előfizetői internet-hozzáféréseken elérhető letöltési és feltöltési bitráta mérését párhuzamos TCP-kapcsolatok felhasználásával valósítjuk meg. A mérési pontosság fenntartásához a rendszer minden paramétert a szerveroldalon mér le, mivel a webes böngészőkben futtatott JavaScript kóddal a kellően pontos méréshez nem biztosítható az egyenként, megfelelő periódusidejű mintavétel. A megadott hálózati paramétereket TCP szinten mérjük le minden (1 másodperces) időablakban, a méréshez kiépített párhuzamos TCP-kapcsolatokon mért értékeket pedig irányonként aggregáljuk. Böngésző-szinten a HTML5/JavaScript és WebSocket [19] webes technológiák alkalmazása biztosítja a tesztforgalom hatékony átvitelét, illetve a széles platformtámogatottságot.

Ahhoz, hogy elkerüljük a tesztadatok ideiglenes tárolását (gyorstárazását), véletlenszerűen generált bináris blokkokat továbbítunk mindkét mérési irányban. A TCP-kapcsolatok száma az előfizetői internet-hozzáférés áteresztőképességének

Rendszer megnevezése	Támogatott platformok	Mért metrikák	Mérési réteg	Max. szál	Max. átviteli sebesség
NetGauge (OOKLA) Server2.1 Client3.0.3	MS Windows, Linux/Unix, OSX, Solaris/Sparc, FreeBSD	LE/FEL bitsebesség, RTT, késleltetés, késleltetés-ingadozás, csomagvesztés	Alkalmazási réteg (socket)	LE 32 szál, FEL 24 szál, de akár 128 szál is lehet mindkét irányban	>1 Gbit/s
Iperf2.0.10 (NLANR/DAST)	MS Win10, Win7, WinXP, Linux, MacOS, Android	LE/FEL bitsebesség, RTT	Szállítási réteg (TCP/UDP)	Több szál támogatása (memória limit)	~1 Gbit/s
Iperf3.2.0 (ESnet/Lawrence Berkeley National Laboratory)	CentOS 7 Linux, FreeBSD 10, MacOS 10.12, Open BSD, Android	LE/FEL bitsebesség	Szállítási réteg (TCP/UDP)	Egy szál támogatása (nagyobb TCP ablakméret beállítása lehetséges)	~1 Gbit/s
Netperf2.7.0 (Hewlett Packard)	Linux/Unix, HP-UX system	BTC, RTT, csomagvesztés	Szállítási réteg (TCP/UDP) Adatkapcsolati réteg (DLPI)	Egy szál támogatása	~1 Gbit/s
Network Speed Test (Microsoft)	MS Win8.1, Win10, WinPhone	LE/FEL bitsebesség, késleltetés	Alkalmazási réteg (HTTP Flash player nélkül),	–	~1 Gbit/s
SmartCom Lab mérőrendszer v1.1	MS Windows 7/8/10, Linux, Mac OS, iOS, Android	LE/FEL bitsebesség (több rétegben), RTT: (min/avg/max), késleltetés, késleltetés-ingadozás, csomagvesztés (többféle módszerrel), újraküldés	Alkalmazási réteg (websocket), Szállítási réteg (TCP)	LE/FEL 32 szál, konfiguráció kérdése (több szál is lehet)	>1 Gbit/s

2. táblázat
Hálózat átviteli teljesítményének szoftveres mérése

függvénye. Minden mérés 4 párhuzamos TCP-kapcsolaton indul, majd az időegység alatt mért bitráta függvényében növeli a rendszer a kapcsolatok számát (a felső korlát jelenleg 32 párhuzamos kapcsolat kliensenként). Ennek megfelelően nem csak egy adott TCP-kapcsolat szintjén értelmezhető felfutási idő, hanem a mérésre vonatkozóan is, melyet a kapcsolatszám növelésének dinamikája határoz meg. A rendszer a kapcsolatszám szükséges növelését a mérés első 1/3-ában végzi el.

4. Mérési pontosság vizsgálata

A teljesítményparaméterek meghatározására szolgáló mérőszoftver fő célja a nagy mérési pontosság elérése széles sebességtartomány mellett, különböző operációs rendszerek és web-böngésző platformok támogatásával. A 2. táblázat összetettségként áttekintést nyújt a széles körben elterjedt, hálózati átviteli képességet tesztelő szoftverek fontosabb paramétereiről és a BME TMIT SmartCom Lab által kifejlesztett SCL-mérőrendszer tulajdonságairól.

A hálózati teljesítmény monitorozására használatos legelterjedtebb rendszert az Ookla működteti a www.speedtest.net weboldalon. A felhasználó lemérheti összekötötése teljesítményét a világon bármelyik nyilvános Ookla-szerverhez kapcsolódva. Alapértelmezetten a felhasználóhoz fizikailag legközelebbi szerverrel épül ki a kapcsolat, de választhatunk másik szervert is a weboldalon felkínált lehetőségek közül. Egy teszt során le- és feltöltési irányú bitsebességet és késleltetést (RTT, Round Trip Time) mérünk, opcionális a késleltetés-ingadozás és csomagvesztési arány számítása – a szerverek operátorai általában nem is használják ez utóbbiakat. A mérési eredmények meghatározása a kliensoldalon, böngészőben történik. A mérőrendszer TCP-protokollt használt a tesztadatok átvitelére. Az átviteli paraméterek mérését viszont csak alkalmazási szinten tudja elvégezni a webböngésző architektúráis adottságai miatt. A különböző kiszolgálókon végzett mérések eredménye eltérhet egymástól, egyrészt nyilvánvalóan az internet minőségének fluktuáló jellege, másrészt a fizikai távolság, harmadrészt a szerverek konfigurálásának esetleges különbözősége miatt. A szerveren web-szervernek kell fut-

Böngésző	Statisztikai mutató	Késleltetés (ms)	Késleltetés-ingadozás (ms)	Letöltési sebesség (Mbit/s)	Feltöltési sebesség (Mbit/s)
Google Chrome	átlag	0,844	0,147	9,448	9,481
	szórás	0,036	0,057	0,138	0,006
Microsoft Edge	átlag	0,752	0,046	9,473	9,442
	szórás	0,016	0,025	0,023	0,015
Mozilla Firefox	átlag	0,901	0,071	9,473	9,447
	szórás	0,066	0,047	0,011	0,185

3. táblázat
Mérések
10 Mbit/s-os
összeköttetésen

nia PHP, ASP, ASP.NET, vagy JSP támogatással. A kliens-oldalon JavaScriptet támogató web-böngészőn kívül szükséges az Adobe Flash legalább v10, vagy a legújabb változat esetén a WebSocket támogatás. Alapértelmezetten lefelé irányban 32, felfelé irányban 4 szálon valósul meg az átvitel, ami 128-ra, illetve 32-re növelhető.

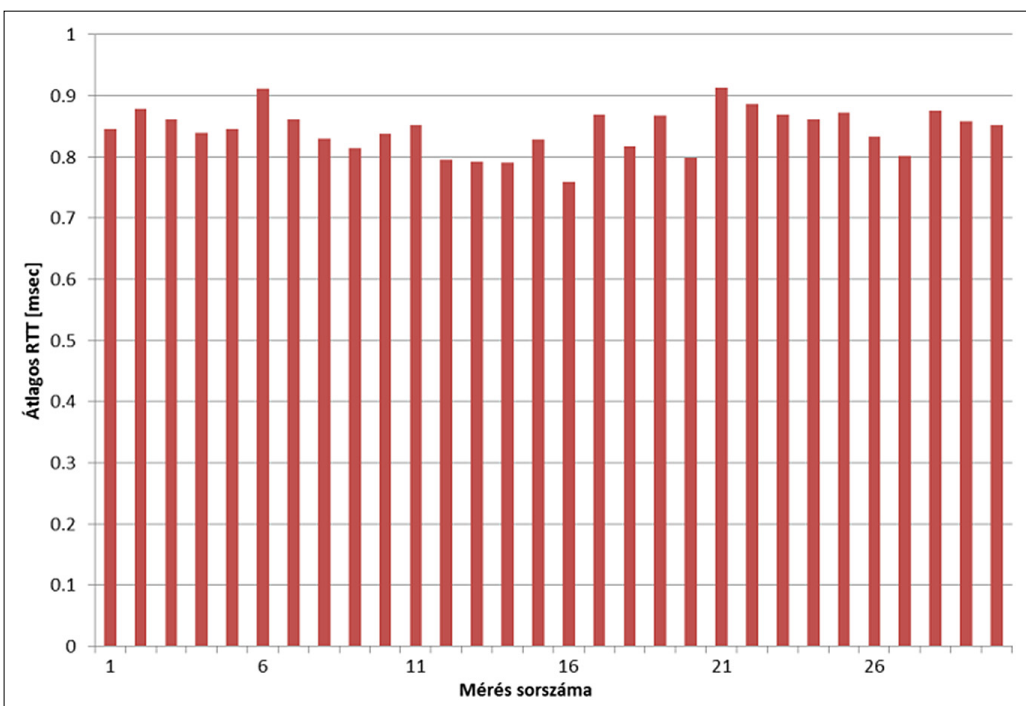
5. Mérési eredmények

A SmartCom Lab által kifejlesztett SCL-mérőrendszer kiterjedt operációs rendszer és webböngésző támogatása mellett nagy mérési pontosságot nyújt széles sebességtartományban. Ennek alátámasztására méréseket végeztünk 10 Mbit/s-os, 100 Mbit/s-os és 1 Gbit/s-os szimmetrikus Ethernet-összeköttetésekben. A méréseket sorozatban végeztük el, egy-egy sorozat legalább 30 mérést tartalmazott, ami biztosította, hogy a mérési eredmények átlaga elegendően kis bizonytalansággal adja meg a helyes értéket. A mérés során más felhasználói alkalmazás nem futott a kliensen és igyekeztünk minimálisra redukálni a kliensszámítógép elkerülhetetlen hálózati forgalmát is. Szükséges megemlíteni, hogy mivel a méréseket a le- és feltöltési sebesség szempontjából szimmetrikus tanszéki lokális hálózaton végeztük, így a 10 Mbit/s-os és a 100 Mbit/s-os mérési összeállítások esetén kapott késleltetés- és késleltetésingadozás-értékek

nem adják vissza az ebbe a nagyságrendbe eső letöltési sávszélességgel rendelkező jellemzően aszimmetrikus hozzáférési hálózatok esetén mérhető értékeket. Az 1 Gbit/s-os mérési tartományban a méréseket úgy végeztük, hogy a klienst és a szervert közvetlenül összeköttöttük. Emiatt az ezeken az összeköttetésekben mérhető késleltetés és késleltetés-ingadozás nagyon kicsi lett, nem tekinthető összevethetőnek a valós hozzáférési hálózati összeköttetésekben mérhető értékekkel. Ugyanakkor a mérések pontossága minden esetben nagyobb, mint az Ookla cég által kifejlesztett rendszer esetében. Vizsgáljuk meg közelebbről a mért eredményeket.

10 Mbit/s-os összeköttetésen végzett mérések

A 3. táblázat összefoglalja a 10 Mbit/s-os hozzáférésen végzett mérések eredményeinek néhány statisztikai mutatóját. Látszik, hogy a fel- és letöltési bitsebesség, a késleltetés és késleltetés-ingadozás paramétereknél is nagyon alacsony szórás mutatkozott mind a három böngésző esetén. A megbízhatósági intervallum minden esetben 95%-on belül van. A 2. ábrán látható, hogy a körbefordulási idő (RTT) átlagos idődiagram a Google Chrome böngésző használata esetén 0,85-0,86 ms körül mozog. Ez az érték Microsoft Edge böngésző esetén alacsonyabb tartományban 0,74-0,75 ms körül mozog, míg a Mozilla Firefox böngésző esetén ismét magasabb értékek a dominánsak: 0,87-0,88-0,90 ms.



2. ábra
Átlagos RTT idődiagram
(Windows 7,
Google Chrome,
10 Mbit/s-os
összeköttetésen)

Böngésző	Statistikai mutató	Késleltetés (ms)	Késleltetés-ingadozás (ms)	Letöltési sebesség (Mbit/s)	Feltöltési sebesség (Mbit/s)
Google Chrome	átlag	0,688	0,149	94,833	94,763
	szórás	0,037	0,024	0,105	0,312
Microsoft Edge	átlag	0,834	0,055	94,883	94,746
	szórás	0,180	0,047	0,034	0,019
Mozilla Firefox	átlag	0,668	0,067	94,864	93,726
	szórás	0,032	0,026	0,066	3,708

4. táblázat
Mérések
100 Mbit/s-os
össze-
kötötésen

Böngésző	Statistikai mutató	Késleltetés (ms)	Késleltetés-ingadozás (ms)	Letöltési sebesség (Mbit/s)	Feltöltési sebesség (Mbit/s)
Google Chrome	átlag	0,078	0,070	930,680	932,695
	szórás	0,035	0,083	6,181	10,018
Microsoft Edge	átlag	0,224	0,078	940,842	900,986
	szórás	0,020	0,144	0,580	4,073
Mozilla Firefox	átlag	0,107	0,037	932,746	941,245
	szórás	0,008	0,012	0,974	0,377

5. táblázat
Mérések
1 Gbit/s-os
össze-
kötötésen

100 Mbit/s-os összekötötésen végzett mérések

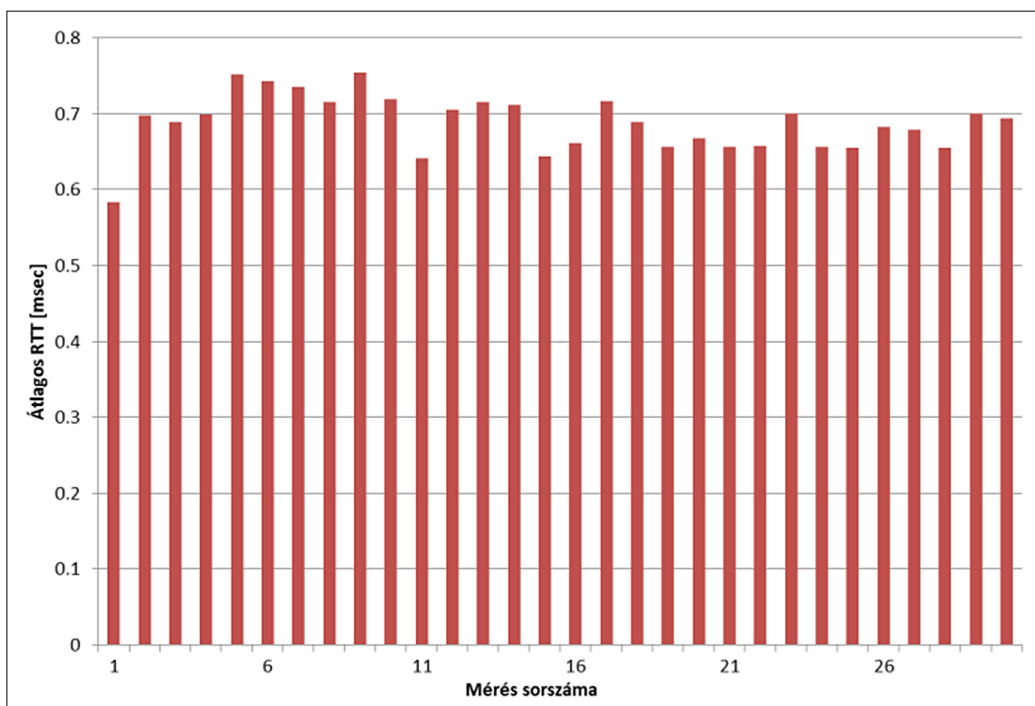
A 4. táblázat a 100 Mbit/s-os hozzáférésen végzett mérések eredményeinek néhány statisztikai mutatóját foglalja össze. A 100 Mbit/s-os összekötötésen végzett mérések statisztikája is kismértékű szórást mutat a fel- és letöltési sebesség, késleltetés és késleltetés-ingadozás paramétereknél egyaránt. A feltöltési sebesség esetén csak a Mozilla Firefox böngészőnél mutatkozott 3,708 Mbit/s szórás, de 100 Mbit/s-os átvitelnél még ez sem mondható túl nagy eltérésnek. A megbízhatósági intervallum itt is 95%-on belül van.

Az átlagos körbefordulási idő (RTT) (3. ábra) a Google Chrome böngésző esetén 0,65-0,71 ms értékek körül mozog, amit az átlagos RTT idődiagram ábra is jól mutat. Ez a paraméter Microsoft Edge használatával a 30 mérésből több mint 20 esetben 0,78 ms értéket mutat, míg Mozilla Firefox esetén változatosabbak az értékek: 0,64-0,65-0,69 ms a domináns.

1 Gbit/s-os összekötötésen végzett mérések

Az 5. táblázat az 1 Gbit/s-os hozzáférésen végzett mérési eredmények statisztikai mutatóit foglalja össze. Az 1 Gbit/s-os hozzáférésen végzett mérések is alacsony mérési hibát mutatnak. A szórás értékei nagyon alacsonyak a késleltetés és késleltetés-ingadozás paraméterek esetében. A Mozilla Firefox böngészővel mért eredmények alacsony szórású le- és feltöltési sebességértékeket mutatnak. A Microsoft Edge esetén a feltöltési sebéségnél a szórás 4,073 Mbit/s, de 1 Gbit/s-os átvitel mellett ez is alacsony érték. Google Chrome-mal mindkét sebesség szórása >5 Mbit/s, de 1 Gbit/s-os átvitel mellett ez szintén elenyésző. A megbízhatósági intervallum pedig még az 1 Gbit/s-os hozzáférés mellett is 95%-on belül van.

Az átlagos körbefordulási idő (RTT) (4. ábra) a Google Chrome böngésző esetén 0,06 ms körül mozog, itt-ott egy-egy kilengéssel, ami még mindig csak 0,18 ms és 0,21 ms értékeket jelent. Ennél a paraméternél Micro-



3. ábra
Átlagos RTT idődiagram
(Windows 7,
Google Chrome,
100 Mbit/s-os
összekötötésen)

soft Edge használatával a 0,21-0,22 ms értékek dominánsak, míg Mozilla Firefox böngésző esetén alacsonyabb értékek vannak többségben: 0,1-0,11 ms.

Az SCL mérőrendszer kliensoldali erőforrásigénye

A teljesítményparaméterek minél pontosabb meghatározása mellett, különösen nagy sebességű kapcsolatok mérésekor, fontos szempont a processzormagok optimális kihasználtsága, valamint az alacsony memóriahasználat. A 6. táblázat az 1 Gbit/s-os átvitel mellett, Microsoft Edge böngészőn végzett, a letöltési és feltöltési sebességek mérése által előidézett teljes memóriafelhasználást, processzor-kapacitásigényt, valamint a hálózati interfész kihasználtságát mutatja.

6. táblázat
Mérés kliensoldali erőforrásigénye
(Intel i3-530, Windows 10, 1 Gbit/s-os összeköttetés)

Microsoft Edge	CPU (%)	Memória (MB)	Hálózat (Mbit/s)
letöltés	25,6	340,4	933,5
feltöltés	19,8	343,6	904,5

Jól látszik, hogy a mérőrendszer kliensoldali memória- és processzorigénye nagy átviteli sebesség (~1 Gbit/s) esetén is alacsony marad.

5. Összefoglalás

A bemutatott SCL-mérőrendszer architektúráis jellemzői miatt a teljes mérési tartományában általánosan 2%-ot nem meghaladó mérési hibával képes lemérni az internet-összeköttetések rendelkezésre álló kapacitását. Ellentétben a legelterjedtebb webalapú mérőrendszerekkel, az SCL-rendszer szerveroldalon végzi a tesztforgalom paramétereinek mérését, ezáltal a hardver- és szoftverkomponensek elérése és ütemezése nagyobb pontossággal valósítható meg.

További előny is származik a szerveroldali mérésből: a szállítási rétegben végzett közvetlen mérési lehetőség a megnövekedett pontosság mellett olyan átviteli paraméterek mérését is lehetővé teszi, melyek kliensoldalon, böngészőben nem mérhetők le. A folyamatosan változó műszaki igényeket tekintve kiemelt szempont a rendszer mérési képességeinek bővíthetősége, melyet a fenti architektúráis jellemzők lehetővé tesznek.

Szerzőinkről



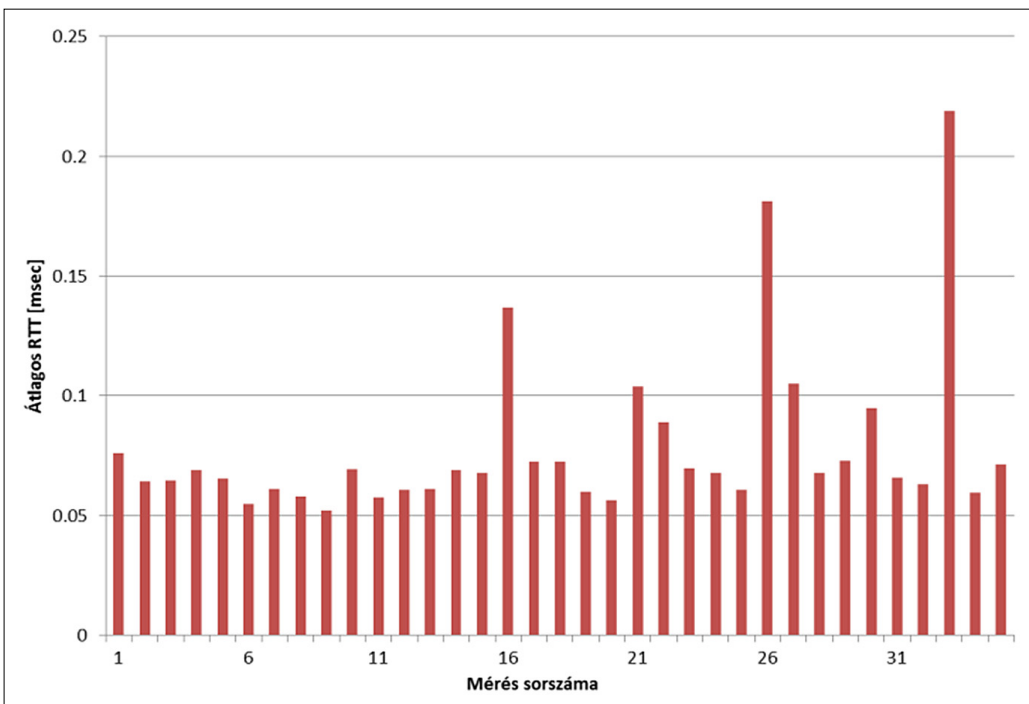
OROSZ PÉTER a Debreceni Egyetemen végzett okleveles programtervező matematikusként. A BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékének oktatója, a Smart Communications Laboratórium vezetője. Elsődleges szakmai profilja kommunikációs hálózatok és szolgáltatások menedzsmentje. Kutatási témái: médiaszolgáltatások szolgáltatásminőségi vizsgálata, valós idejű támadásdetekció és -elhárítás adatközpontokban, 5. generációs mobilhálózatok erőforrás-menedzsmentje, helyhez kötött és mobil kommunikációs hálózatok forgalmi monitorozása. A fentiek mellett ipari IoT felhőrendszerek együttműködésének szolgáltatásminőségi kérdéseivel is foglalkozik.



KULIK IVETT a Kassai Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki oklevelet 1987-ben. A Kassai Műszaki Egyetem Számítástechnikai Központjának volt a munkatársa 1987-2000 között. 2001 óta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatika Karának Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén dolgozik, a Smart Communications Laboratórium tagja. Oktatási területe a hálózati rendszerek és a multimédia rendszerek vizsgálata. Kutatási területe jelenleg az infokommunikációs hálózatok szolgáltatásminőségi paramétereinek vizsgálata.



MAROSITS TAMÁS a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán végzett, mint okleveles villamosmérnök. Később PhD fokozatot szerzett a BME Villamosmérnöki Doktori Iskolájában. 1999 óta dolgozik BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén, elsősorban laboratóriumi tárgyak oktatója és tárgyfelelőse. Kutatás-fejlesztési munkát jelenleg az infokommunikációs hálózatok szolgáltatásminőségi paramétereinek mérése és a mérési eredmények feldolgozása területén végez. Megalakulása óta tagja a TMIT Smart Communications Laboratóriumának.



4. ábra
Átlagos RTT idődiagram
(Ubuntu,
Google Chrome,
1 Gbit/s-os
összeköttetésen)

Hivatkozások

- [1] Ericsson: Mobility Report, November 2017, <https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2017/ericsson-mobility-report-november-2017.pdf>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [2] Cisco: Visual Networking Index, Forecast and Methodology 2016-2021, <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [3] Cisco: Visual Networking Index, Global Mobile Data Forecast 2016-2021, <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.pdf>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [4] Európai Parlament és a Tanács (EU): TSM rendelet, 2015/2120 a nyílt internet-hozzáférés megteremtéséhez szükséges intézkedések meghozataláról, továbbá az egyetemes szolgáltatásról, valamint az elektronikus hírközlő hálózatokhoz és elektronikus hírközlési szolgáltatásokhoz kapcsolódó felhasználói jogokról szóló 2002/22/EK irányelv és az Unión belüli nyilvános mobilhírközlő hálózatok közötti barangolásról (roaming) szóló 531/2012/EU rendelet módosításáról, 2015. nov. 25. Az Európai Unió Hivatalos Lapja, L310, p.18.
- [5] BEREC: Guidelines on the Implementation by National Regulators of European Net Neutrality Rules, BoR (16) 127 p.45, August 2016.
- [6] BEREC: Monitoring quality of Internet access services in the context of net neutrality, BoR (14) 117, p.49, 25 September 2014.
- [7] CEPT Electronic Communications Committee: Minimum Set of Quality of Service Parameters and Measurement Methods for Retail Internet Access Services, ECC Report 195, April 2013, <http://www.erdocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCREP195.pdf>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [8] ETSI EG 202 057-4: "Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 4: Internet access", V1.2.1, July 2008, http://www.etsi.org/deliver/etsi_eg/202000_202099/20205704/01.02.01_60/eg_20205704v010201p.pdf,
Letöltve: 2018. február 5.
- [9] ITU-T Recommendation Y.1540: Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters, July 2016, <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1540-201607-I/en>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [10] ITU-T Recommendation G.1010: End-user multimedia QoS categories, November 2001, <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I/en>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [11] IETF RFC 7679:
A One-Way Delay Metric for IP Performance Metrics (IPPM), January 2016, <https://tools.ietf.org/html/rfc7679>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [12] IETF RFC 2681:
A Round-trip Delay Metric for IPPM, September 1999, <https://tools.ietf.org/html/rfc2681>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [13] IETF RFC 3393:
IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM), November 2002, <https://tools.ietf.org/html/rfc3393>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [14] IETF RFC 7680:
A One-Way Loss Metric for IP Performance Metrics (IPPM), January 2016, <https://tools.ietf.org/html/rfc7680>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [15] IETF RFC 6673:
Round-Trip Packet Loss Metrics, August 2012, <https://tools.ietf.org/html/rfc6673>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [16] IETF RFC 3148:
A Framework for Defining Empirical Bulk Transfer Capacity Metrics, July 2001, <https://tools.ietf.org/html/rfc3148>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [17] IETF RFC 6349:
Framework for TCP Throughput Testing, August 2011, <https://tools.ietf.org/html/rfc6349>,
Letöltve: 2018. február 5.
- [18] BEREC: Net Neutrality Regulatory Assessment Methodology, BoR (17) 178, p.25, 5 October 2017.
- [19] IETF RFC 6455: The WebSocket Protocol, December 2011, <https://tools.ietf.org/html/rfc6455>,
Letöltve: 2018. február 5.