

RAPORT Z TESTÓW AKCEPTACYJNYCH

DLA

REALIZACJI PROJEKTU SYSTEMU POMIAROWEGO DO CELÓW CERTYFIKOWANEGO MECHANIZMU MONITOROWANIA USŁUGI DOSTĘPU DO INTERNETU

v 1.1 z dnia 19.07.2018
Autor: Robert Kowalik

SPIS TREŚCI

CEL TESTÓW	4
TERMIN REALIZACJI TESTÓW.....	5
ŚRODOWISKO TESTOWE	6
LISTA EMULOWANYCH USŁUG ORAZ PRZEBIEG TESTÓW.....	7
TESTY REFERENCYJNE	9
WYNIKI POMIARÓW	10
BŁĄD POMIARU PRZEPŁYWNOŚCI ŚRODOWISKA TESTOWEGO	16
BŁĄD POMIARU PRZEPŁYWNOŚCI APLIKACJI KLIENCKIEJ	18
ZESTAWIENIE WYNIKÓW BŁĘDU APLIKACJI KLIENCKIEJ	25
WNIOSKI Z POMIARÓW PRZEPŁYWNOŚCI.....	27

Historia zmian wersji dokumentu:

<i>data:</i>	<i>wersja:</i>	<i>opis:</i>
09.07.2018	V1.0	Finalna wersja raportu
19.07.2018	V1.1	Wersja uwzględniająca uwagi UKE

Załączniki do raportu:

1. Aktualny certyfikat kalibracji analizatora sieciowego VIAVI MTS5800 S/N: WMME0132970096:
certyfikat_kalibracji.pdf
2. Wyniki pomiarów referencyjnych RFC6349, 24 dokumenty pdf w archiwum zip:
wyniki_testow_referencyjnych_mts5800.zip
3. Wyniki pomiarów z testów aplikacji klienckiej, 64 dokumenty txt w archiwum zip:
wyniki_testow_aplikacji_klienckiej.zip

¹RFC6349 wg IETF <https://tools.ietf.org/html/rfc6349>

²line rate - maksymalna przepływność interfejsu L1, 1Gbps, ~949Mbps L4 dla TCP

³downstream (w skrócie: down) - kierunek pobierania danych z Internetu do komputera

⁴upstream (w skrócie: up) - kierunek wysyłania danych z komputera do Internetu

⁵abs - wartość bezwzględna (absolute)

⁶średnia arytmetyczna - obliczana jako suma zbioru wartości podzielona przez ich liczbę

⁷mediana - środkowa liczba w zbiorze wartości (połowa liczb jest większa lub równa medianie, a połowa liczb jest mniejsza lub równa medianie)

Cel testów

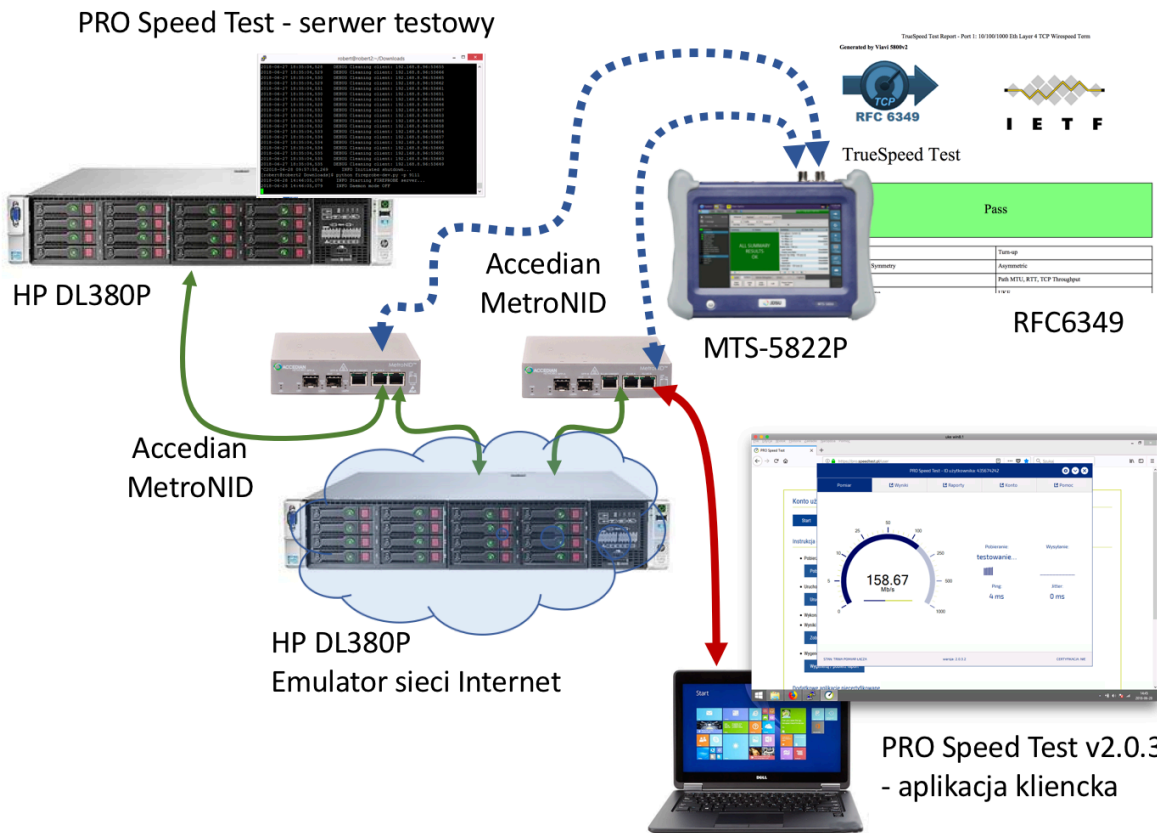
Celem niniejszych testów akceptacyjnych jest:

1. ocena stopnia zgodności wyników pomiaru prędkości pobierania i wysyłania danych uzyskiwanych przy pomocy aplikacji klienckiej i analizatora sieciowego z zaimplementowaną procedurą pomiarową RFC 6349¹.
2. W przypadku znaczących odstępstw w otrzymanych wynikach przedstawienie rekomendacji ewentualnych zmian umożliwiających uzyskanie oczekiwanych wyników
3. rekomendacja dotycząca możliwości przyznania certyfikatu dla badanej aplikacji

Termin realizacji testów

Testy przeprowadzono w okresie od 25 czerwca do 4 lipca 2018, po udostępnieniu aplikacji klienckiej w wersji 2.0.3.2.

Środowisko Testowe



Rysunek 1: schemat pomiarowy

Środowisko pomiarowe składa się z:

1. serwera HP DL380P Intel Xeon E5 z zainstalowanym oprogramowaniem aplikacji serwera testowego PRO Speed Test dostarczoną przez wykonawcę systemu
2. 2x Accedian MetroNID realizujących funkcje sprzętowego policera i shapera CPE klasy operatorskiej do kreowania emulowanych usług dostępu do Internetu
3. emulatora sieci Internet HP DL380P Intel Xeon E5
4. dwuportowego analizatora sieciowego VIAMI MTS5800 S/N: WMME0132970096 z certyfikowanym algorytmem pomiarów referencyjnych IETF RFC6349¹. Do niniejszego raportu załączony jest aktualny certyfikat kalibracji miernika, załącznik1: *certyfikat_kalibracji.pdf*
5. laptopów z procesorami Intel i7/8GB RAM, i5/4GB RAM, i3/4GB RAM z systemami operacyjnymi Windows 7 PRO (32bit), Windows 8.1 PRO (64bit) oraz Windows 10 PRO (64bit)
6. aplikacji PRO Speed Test w wersji v2.0.3.2 pobranej z portalu <https://pro.speedtest.pl/user>

Lista emulowanych usług oraz przebieg testów

Lista testów akceptacyjnych odpowiadała typowym warunkom rzeczywistych usług dostępu do Internetu. Przygotowano 24 usługi w całym zakresie przepływności, od 2 Mbps do 1Gbps dla wybranych opóźnień RTT.

Poniższa tabela przedstawia listę emulowanych usług dla trzech wartości opóźnień RTT:

Usługa L4 TCP pobieranie/wysyłanie [Mbps]	Opóźnienie RTT [ms]
2/1	10
2/1	80
2/1	200
10/1	10
10/1	80
10/1	200
40/4	10
40/4	50
40/4	100
100/100	10
100/100	50
100/100	100
300/30	10
300/30	20
300/30	40
600/60	10
600/60	20
600/60	40
900/100	5
900/100	10
900/100	20
line rate ²	5
line rate	10
line rate	20

Tabela 1: lista emulowanych usług

- Wykonano trzy zestawy testów dla systemów operacyjnych: Windows 7, Windows 8.1 i Windows 10. W sumie 72 testy powtórzone dwukrotnie, zrealizowane wg schematu pomiarowego z rysunku numer 1 zgodnie z listą usług z tabeli 1. Komputery, na których zainstalowana została certyfikowana aplikacja korzystały z najnowszych dostępnych uaktualnień systemu oraz standardowych sterowników zasobów sprzętowych - między innymi kart sieciowych 10/100/1000 Base-T Ethernet. Podczas testów systemów operacyjnych zarówno oprogramowanie antywirusowe jak i zapory sieciowe pozostawały wyłączone.

2. Testy wydajności badanej aplikacji dla komputerów z procesorami Intel i3, i5 oraz i7 polegały na zmierzeniu maksymalnej przepływności 1Gbps. Wykonane zostały dla trzech opóźnień RTT zgodnie z tabelą 1. Pomiary zostały powtórzone trzykrotnie.
3. Wykonano pomiary aplikacji określające wpływ zapór sieciowych oraz skanerów antywirusowych na wyniki, polegające na zmierzeniu maksymalnej przepływności L1, 1Gbps. Pomiary wykonano dla trzech opóźnień RTT zgodnie z tabelą 1. Testy wykonano dla czterech wybranych programów antywirusowych: McAfee, COMODO, Avast oraz Windows Defender.

Testy referencyjne

Środowisko testowe zostało zmierzone certyfikowanym analizatorem VIAVI MTS-5822P zgodnie z listą 24 emulowanych usług z tabeli 1.

Poniższa tabela przedstawia wyniki pomiarów referencyjnych:

usługa L4 down ³ /up ⁴ [Mbps]	RTT [ms]	Ideal L4 down/up [Mbps]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]
2/1	10	1,89/0,95	1,90	0,95
2/1	80	1,89/0,95	1,90	0,95
2/1	200	1,89/0,95	1,90	0,95
10/1	10	9,96/0,95	9,96	0,97
10/1	80	9,96/0,95	9,97	0,95
10/1	200	9,96/0,95	9,97	0,95
40/4	10	39,86/4,03	39,87	4,04
40/4	50	39,86/4,03	39,87	4,04
40/4	100	39,86/4,03	39,87	4,03
100/100	10	100,62/100,62	99,70	99,52
100/100	50	100,62/100,62	100,62	100,62
100/100	100	100,62/100,62	100,62	100,62
300/30	10	299,97/30,37	297,64	30,38
300/30	20	299,97/30,37	299,97	30,38
300/30	40	299,97/30,37	299,97	30,38
600/60	10	599,94/59,80	594,43	59,80
600/60	20	599,94/59,80	599,94	59,81
600/60	40	599,94/59,80	599,95	59,80
900/100	5	899,92/100,62	899,91	100,62
900/100	10	899,92/100,62	899,91	100,62
900/100	20	899,92/100,62	899,91	100,62
line rate	5	949,28/949,28	949,28	949,28
line rate	10	949,28/949,28	949,28	949,28
line rate	20	949,28/949,28	949,28	949,28

Tabela 2: Wyniki pomiarów referencyjnych MTS-5822P

Wyniki pomiarów analizatorem odpowiadają maksymalnej przepływności BDP L4 TCP throughput, wyznaczonej wg RFC6349, zgodnie ze wzorem:

$$\text{BDP (Ideal L4)} = \text{TCP Window Size} / \text{RTT}$$

Do niniejszego raportu załączono wyniki pomiarów z testów referencyjnych w postaci 24 dokumentów pdf, załącznik2: *wyniki_testow_referencyjnych_mts5800.zip*

Wyniki pomiarów

1. Wyniki testów dla systemów operacyjnych:

a) Windows 10, komputer z procesorem Intel i7

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	PRO Speed down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
2/1	10	1,9	0,95	1,92	0,99
2/1	80	1,9	0,95	1,95	1,01
2/1	200	1,9	0,95	1,92	1,03
10/1	10	9,96	0,97	9,98	0,98
10/1	80	9,97	0,95	9,88	1,01
10/1	200	9,97	0,95	9,84	1,03
40/4	10	39,87	4,04	39,73	4,07
40/4	50	39,87	4,04	39,28	4,08
40/4	100	39,87	4,03	39,31	4,06
100/100	10	99,7	99,52	100,22	100,66
100/100	50	100,62	100,62	99,52	100,06
100/100	100	100,62	100,62	99,19	100,54
300/30	10	297,64	30,38	298,93	30,39
300/30	20	299,97	30,38	298,94	30,32
300/30	40	299,97	30,38	299,66	30,43
600/60	10	594,43	59,8	597,74	59,74
600/60	20	599,94	59,81	597,86	59,86
600/60	40	599,95	59,8	597,22	59,84
900/100	5	899,91	100,62	896,24	100,53
900/100	10	899,91	100,62	896,35	100,61
900/100	20	899,91	100,62	899,66	100,63
line rate	5	949,28	949,28	946,07	938,17
line rate	10	949,28	949,28	945,7	939,08
line rate	20	949,28	949,28	949,07	941,87

Tabela 3.1: Wyniki pierwszego pomiaru dla Windows 10

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	PRO Speed down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
2/1	10	1,90	0,95	2,00	0,99
2/1	80	1,90	0,95	1,94	1,01
2/1	200	1,90	0,95	2,00	0,99
10/1	10	9,96	0,97	9,98	0,99
10/1	80	9,97	0,95	9,95	1,01
10/1	200	9,97	0,95	9,83	0,99
40/4	10	39,87	4,04	39,73	4,06
40/4	50	39,87	4,04	39,31	4,08
40/4	100	39,87	4,03	39,35	4,06
100/100	10	99,70	99,52	100,26	100,63

100/100	50	100,62	100,62	99,69	100,57
100/100	100	100,62	100,62	99,03	100,73
300/30	10	297,64	30,38	298,92	30,40
300/30	20	299,97	30,38	298,93	30,38
300/30	40	299,97	30,38	299,73	30,42
600/60	10	594,43	59,80	597,76	59,76
600/60	20	599,94	59,81	597,77	59,79
600/60	40	599,95	59,80	589,82	59,86
900/100	5	899,91	100,62	896,33	100,57
900/100	10	899,91	100,62	896,42	100,63
900/100	20	899,91	100,62	899,41	100,66
line rate	5	949,28	949,28	949,12	940,02
line rate	10	949,28	949,28	945,91	938,17
line rate	20	949,28	949,28	948,75	941,69

Tabela 3.3: Wyniki drugiego pomiaru dla Windows 10

b) Windows 7, komputer z procesorem Intel i7

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4		PRO Speed	
		down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
2/1	10	1,90	0,95	1,92	0,98
2/1	80	1,90	0,95	1,94	0,97
2/1	200	1,90	0,95	1,92	0,88
10/1	10	9,96	0,97	9,95	0,98
10/1	80	9,97	0,95	9,93	0,98
10/1	200	9,97	0,95	9,86	1,03
40/4	10	39,87	4,04	39,76	4,07
40/4	50	39,87	4,04	39,61	4,04
40/4	100	39,87	4,03	39,54	4,03
100/100	10	99,70	99,52	100,32	100,60
100/100	50	100,62	100,62	100,54	100,65
100/100	100	100,62	100,62	100,71	97,66
300/30	10	297,64	30,38	298,93	30,40
300/30	20	299,97	30,38	298,93	30,26
300/30	40	299,97	30,38	298,93	30,43
600/60	10	594,43	59,80	597,78	59,71
600/60	20	599,94	59,81	597,81	59,84
600/60	40	599,95	59,80	597,78	59,78
900/100	5	899,91	100,62	896,46	100,49
900/100	10	899,91	100,62	896,57	100,62
900/100	20	899,91	100,62	896,43	100,60
line rate	5	949,28	949,28	946,21	937,07
line rate	10	949,28	949,28	946,80	936,10
line rate	20	949,28	949,28	947,67	935,73

Tabela 3.4: Wyniki pierwszego pomiaru dla Windows 7

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	PRO Speed down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
2/1	10	1,90	0,95	1,92	0,98
2/1	80	1,90	0,95	1,92	0,97
2/1	200	1,90	0,95	1,97	1,02
10/1	10	9,96	0,97	9,96	0,98
10/1	80	9,97	0,95	9,93	0,97
10/1	200	9,97	0,95	9,87	0,88
40/4	10	39,87	4,04	39,81	4,07
40/4	50	39,87	4,04	39,66	4,04
40/4	100	39,87	4,03	39,71	4,07
100/100	10	99,70	99,52	100,29	100,52
100/100	50	100,62	100,62	100,51	100,65
100/100	100	100,62	100,62	100,69	100,74
300/30	10	297,64	30,38	298,93	30,39
300/30	20	299,97	30,38	298,93	30,26
300/30	40	299,97	30,38	298,92	30,37
600/60	10	594,43	59,80	597,79	59,67
600/60	20	599,94	59,81	597,80	59,87
600/60	40	599,95	59,80	597,82	59,84
900/100	5	899,91	100,62	896,41	100,56
900/100	10	899,91	100,62	896,41	100,55
900/100	20	899,91	100,62	896,44	100,66
line rate	5	949,28	949,28	948,07	937,78
line rate	10	949,28	949,28	947,04	936,15
line rate	20	949,28	949,28	946,10	934,68

Tabela 3.5 Wyniki drugiego pomiaru Windows 7

c) Windows 8.1, komputer z procesorem Intel i5

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	PRO Speed down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
2/1	10	1,90	0,95	1,92	0,98
2/1	80	1,90	0,95	1,94	0,98
2/1	200	1,90	0,95	1,92	1,03
10/1	10	9,96	0,97	9,96	0,99
10/1	80	9,97	0,95	9,91	1,01
10/1	200	9,97	0,95	9,87	0,92
40/4	10	39,87	4,04	39,74	4,06
40/4	50	39,87	4,04	39,40	4,06
40/4	100	39,87	4,03	39,42	4,09
100/100	10	99,70	99,52	100,15	100,61
100/100	50	100,62	100,62	99,80	100,50
100/100	100	100,62	100,62	100,41	100,33
300/30	10	297,64	30,38	298,48	30,37
300/30	20	299,97	30,38	298,54	30,30

300/30	40	299,97	30,38	297,50	30,45
600/60	10	594,43	59,80	597,89	59,68
600/60	20	599,94	59,81	599,83	59,78
600/60	40	599,95	59,80	599,78	59,76
900/100	5	899,91	100,62	895,01	100,37
900/100	10	899,91	100,62	892,79	100,59
900/100	20	899,91	100,62	898,31	100,57
line rate	5	949,28	949,28	917,35	941,89
line rate	10	949,28	949,28	948,52	942,08
line rate	20	949,28	949,28	948,69	942,05

Tabela 3.6: Wyniki pierwszego pomiaru dla Windows 8.1

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	PRO Speed down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
2/1	10	1,90	0,95	1,92	1,01
2/1	80	1,90	0,95	1,94	1,01
2/1	200	1,90	0,95	1,92	1,02
10/1	10	9,96	0,97	9,95	0,98
10/1	80	9,97	0,95	10,01	1,01
10/1	200	9,97	0,95	9,87	0,92
40/4	10	39,87	4,04	39,76	4,06
40/4	50	39,87	4,04	39,40	4,06
40/4	100	39,87	4,03	39,44	4,04
100/100	10	99,70	99,52	100,18	100,64
100/100	50	100,62	100,62	99,73	100,54
100/100	100	100,62	100,62	100,47	100,56
300/30	10	297,64	30,38	298,43	30,39
300/30	20	299,97	30,38	298,46	30,32
300/30	40	299,97	30,38	297,10	30,37
600/60	10	594,43	59,80	597,76	59,68
600/60	20	599,94	59,81	599,60	59,79
600/60	40	599,95	59,80	591,92	59,81
900/100	5	899,91	100,62	894,87	100,13
900/100	10	899,91	100,62	891,90	100,52
900/100	20	899,91	100,62	898,53	100,43
line rate	5	949,28	949,28	945,32	942,15
line rate	10	949,28	949,28	945,92	942,00
line rate	20	949,28	949,28	948,19	942,13

Tabela 3.7: Wyniki drugiego pomiaru dla Windows 8.1

2. Wyniki pomiarów dla systemów antywirusowych i wydajności komputerów z procesorami i3, i5 oraz i7:

a) McAfee, Windows 7, komputer z procesorem Intel i3:

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	PRO Speed down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
test nr 1					
line rate	5	949,28	949,28	946,72	940,14
line rate	10	949,28	949,28	946,80	937,85
line rate	20	949,28	949,28	949,41	932,61
Test nr 2					
line rate	5	949,28	949,28	946,43	937,45
line rate	10	949,28	949,28	946,79	934,18
line rate	20	949,28	949,28	948,53	934,76
Test nr 3					
line rate	5	949,28	949,28	946,41	938,50
line rate	10	949,28	949,28	949,01	937,26
line rate	20	949,28	949,28	949,31	936,90

Tabela 4.1: Wyniki pomiarów McAfee

b) COMODO, Windows 8.1, komputer z procesorem Intel i5:

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	PRO Speed down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
test nr 1					
line rate	5	949,28	949,28	948,83	942,05
line rate	10	949,28	949,28	948,46	941,92
line rate	20	949,28	949,28	948,69	942,32
Test nr 2					
line rate	5	949,28	949,28	940,71	941,96
line rate	10	949,28	949,28	948,04	942,04
line rate	20	949,28	949,28	948,95	941,93
Test nr 3					
line rate	5	949,28	949,28	922,80	941,99
line rate	10	949,28	949,28	925,88	941,84
line rate	20	949,28	949,28	947,97	942,11

Tabela 4.2: Wyniki pomiarów COMODO

c) Avast, Windows 7, komputer z procesorem Intel i7:

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	PRO Speed down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
test nr 1					
line rate	5	949,28	949,28	948,2	942,02
line rate	10	949,28	949,28	946,43	941,82
line rate	20	949,28	949,28	948,13	941,51
test nr 2					
line rate	5	949,28	949,28	947,32	941,72
line rate	10	949,28	949,28	946,1	942,05
line rate	20	949,28	949,28	941,62	941,16
test nr 3					
line rate	5	949,28	949,28	948,96	942,07
line rate	10	949,28	949,28	946,02	941,94
line rate	20	949,28	949,28	947,23	941,78

Tabela 4.3: Wyniki pomiarów Avast

d) Windows Defender, Windows 10, komputer z procesorem Intel i7:

usługa L4 down/up [Mbps]	RTT [ms]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	PRO Speed down [Mbps]	PRO Speed up [Mbps]
test nr 1					
line rate	5	949,28	949,28	942,88	935,89
line rate	10	949,28	949,28	948,08	933,03
line rate	20	949,28	949,28	948,38	939,8
test nr 2					
line rate	5	949,28	949,28	948,68	931,62
line rate	10	949,28	949,28	948,58	933,13
line rate	20	949,28	949,28	949,30	940,50
test nr 3					
line rate	5	949,28	949,28	947,98	932,77
line rate	10	949,28	949,28	945,86	933,97
line rate	20	949,28	949,28	948,52	941,12

Tabela 4.4: Wyniki pomiarów Windows Defender

Błąd pomiaru przepływności środowiska testowego

Kluczowe jest określenie błędu środowiska testowego. Mierzona przepływność referencyjna L4 TCP throughput powinna być zgodna z maksymalną przepływnością teoretyczną wyznaczoną zgodnie ze wzorem RFC6349. Różnice pomiędzy tymi wartościami określają błąd środowiska testowego.

$$BDP (Ideal L4) = TCP Window Size/RTT.$$

Pomiary referencyjne wskazują, że średni bezwzględny błąd środowiska pomiarowego vs idealne wartości przepływności BDP nie przekracza 0.2%.

Wyznaczono błąd środowiska testowego na poziomie 0,5%, mając na uwadze różnice dla pomiarów małych przepływności TCP*.

Ideal L4 down [Mbps]	Ideal L4 up [Mbps]	Ref TCP L4 down [Mbps]	Ref TCP L4 up [Mbps]	abs ⁵ błąd % down	abs błąd % up
1,89	0,95	1,90	0,95	0,53	0,00
1,89	0,95	1,90	0,95	0,53	0,00
1,89	0,95	1,90	0,95	0,53	0,00
9,96	0,95	9,96	0,97	0,00	2,11*
9,96	0,95	9,97	0,95	0,10	0,00
9,96	0,95	9,97	0,95	0,10	0,00
39,86	4,03	39,87	4,04	0,03	0,25
39,86	4,03	39,87	4,04	0,03	0,25
39,86	4,03	39,87	4,03	0,03	0,00
100,62	100,62	99,70	99,52	0,91	1,09
100,62	100,62	100,62	100,62	0,00	0,00
100,62	100,62	100,62	100,62	0,00	0,00
299,97	30,37	297,64	30,38	0,78	0,03
299,97	30,37	299,97	30,38	0,00	0,03
299,97	30,37	299,97	30,38	0,00	0,03
599,94	59,8	594,43	59,80	0,92	0,00
599,94	59,8	599,94	59,81	0,00	0,02
599,94	59,8	599,95	59,80	0,00	0,00
899,92	100,62	899,91	100,62	0,00	0,00
899,92	100,62	899,91	100,62	0,00	0,00
899,92	100,62	899,91	100,62	0,00	0,00
949,28	949,28	949,28	949,28	0,00	0,00
949,28	949,28	949,28	949,28	0,00	0,00
949,28	949,28	949,28	949,28	0,00	0,00

Tabela 5.1: Wyniki pomiarów referencyjnych

Średnia arytmetyczna⁶ wartości bezwzględnej błędu $|DAE_{ref}|$ dla kierunku downstream wynosi:

$$|DAE_{ref}| = 0,186578$$

Mediana⁷ wartości bezwzględnej błędu $|DME_{ref}|$ dla kierunku downstream wynosi:

$$|DME_{ref}| = 0,001389$$

Średnia arytmetyczna wartości bezwzględnej błędu $|UAE_{ref}|$ dla kierunku upstream wynosi:

$$|UAE_{ref}| = 0,158761$$

Mediana wartości bezwzględnej błędu $|UME_{ref}|$ dla kierunku upstream wynosi:

$$|UME_{ref}| = 0,000000$$

**dla małych wartości przepływności (kbps) wartość średnia błędu przyjmuje większe wartości. W oznaczonym przypadku różnica 20kbps to ~2% błędu.*

Dla transmisji TCP, z uwagi na charakterystykę burst generowanego ruchu, która jest wynikiem działania algorytmów sterowania przepływnością, chwilowe zmiany przepływności są zjawiskiem naturalnym.

Dla małych przepływności w wyniku operacji store & forward oraz kolejek policerów i shaperów elementów sieciowych TCP może uzyskać większe przepływności niż deklarowane.

W przypadku pomiaru aplikacji klienckiej, błąd dla małych przepływności ma zawsze wartość dodatnią, to znaczy, że zmierzona wartość jest wyższa od deklarowanej (jest to wartość korzystna z punktu widzenia operatora świadczącego usługi). W przypadku pomiarów przeprowadzonych aplikacją kliencką tego rodzaju błąd występuje dla emulowanych usług o przepływności 1 Mb/s i 2 Mb/s i jego wartość maksymalna wynosi odpowiednio 8,42% i 5,26%.

Błąd pomiaru przepływności aplikacji klienckiej

Wyniki końcowe zostały poddane ocenie zgodności pomiaru prędkości transmisji danych uzyskiwanych przy pomocy aplikacji klienckiej i analizatora sieciowego z zaimplementowaną procedurą pomiarową RFC 6349.

Wyznaczono średnią arytmetyczną wartości bezwzględnej błędu dla dwóch kierunków transmisji. Następnie zestawiono wyniki pomiarów dla zakładanych kryteriów: wpływ systemów operacyjnych, mocy obliczeniowej procesorów oraz systemów antywirusowych i zapór sieciowych na wyniki pomiarów.

1. Wyniki testów dla systemów operacyjnych:

- a) Windows 10, komputer z procesorem Intel i7, średnia arytmetyczna wartości bezwzględnej błędu dla dwóch pomiarów:

$$|1DAE_{cert}| = 0,89$$

$$|1UAE_{cert}| = 1,60$$

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
1,05	4,21	1,05	4,21
2,63	6,32	2,63	6,32
1,05	8,42	1,05	8,42
0,20	1,03	0,20	1,03
-0,90	6,32	0,90	6,32
-1,30	8,42	1,30	8,42
-0,35	0,74	0,35	0,74
-1,48	0,99	1,48	0,99
-1,40	0,74	1,40	0,74
0,52	1,15	0,52	1,15
-1,09	-0,56	1,09	0,56
-1,42	-0,08	1,42	0,08
0,43	0,03	0,43	0,03
-0,34	-0,20	0,34	0,20
-0,10	0,16	0,10	0,16
0,56	-0,10	0,56	0,10
-0,35	0,08	0,35	0,08
-0,46	0,07	0,46	0,07
-0,41	-0,09	0,41	0,09
-0,40	-0,01	0,40	0,01
-0,03	0,01	0,03	0,01
-0,34	-1,17	0,34	1,17
-0,38	-1,07	0,38	1,07
-0,02	-0,78	0,02	0,78

Tabela 6.1 Błąd pomiaru Windows 10 dla testu pierwszego.

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
5,26	4,21	5,26	4,21
2,11	6,32	2,11	6,32
5,26	4,21	5,26	4,21
0,20	2,06	0,20	2,06
-0,20	6,32	0,20	6,32
-1,40	4,21	1,40	4,21
-0,35	0,50	0,35	0,50
-1,40	0,99	1,40	0,99
-1,30	0,74	1,30	0,74
0,56	1,12	0,56	1,12
-0,92	-0,05	0,92	0,05
-1,58	0,11	1,58	0,11
0,43	0,07	0,43	0,07
-0,35	0,00	0,35	0,00
-0,08	0,13	0,08	0,13
0,56	-0,07	0,56	0,07
-0,36	-0,03	0,36	0,03
-1,69	0,10	1,69	0,10
-0,40	-0,05	0,40	0,05
-0,39	0,01	0,39	0,01
-0,06	0,04	0,06	0,04
-0,02	-0,98	0,02	0,98
-0,36	-1,17	0,36	1,17
-0,06	-0,80	0,06	0,80

Tabela 6.2 Błąd pomiaru Windows 10 dla testu drugiego.

- b) Windows 7, komputer z procesorem Intel i7, średnia arytmetyczna wartości bezwzględnej błędu dla dwóch pomiarów:

$$|2DAE_{cert}| = 0,54$$

$$|2UAE_{cert}| = 1,38$$

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
1,05	3,16	1,05	3,16
2,11	2,11	2,11	2,11
1,05	-7,37	1,05	7,37
-0,10	1,03	0,10	1,03
-0,40	3,16	0,40	3,16
-1,10	8,42	1,10	8,42
-0,28	0,74	0,28	0,74
-0,65	0,00	0,65	0,00
-0,83	0,00	0,83	0,00
0,62	1,09	0,62	1,09
-0,08	0,03	0,08	0,03

0,09	-2,94	0,09	2,94
0,43	0,07	0,43	0,07
-0,35	-0,39	0,35	0,39
-0,35	0,16	0,35	0,16
0,56	-0,15	0,56	0,15
-0,36	0,05	0,36	0,05
-0,36	-0,03	0,36	0,03
-0,38	-0,13	0,38	0,13
-0,37	0,00	0,37	0,00
-0,39	-0,02	0,39	0,02
-0,32	-1,29	0,32	1,29
-0,26	-1,39	0,26	1,39
-0,17	-1,43	0,17	1,43

Tabela 6.3 Błąd pomiaru Windows 7 dla testu pierwszego.

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
1,05	3,16	1,05	3,16
1,05	2,11	1,05	2,11
3,68	7,37	3,68	7,37
0,00	1,03	0,00	1,03
-0,40	2,11	0,40	2,11
-1,00	-7,37	1,00	7,37
-0,15	0,74	0,15	0,74
-0,53	0,00	0,53	0,00
-0,40	0,99	0,40	0,99
0,59	1,00	0,59	1,00
-0,11	0,03	0,11	0,03
0,07	0,12	0,07	0,12
0,43	0,03	0,43	0,03
-0,35	-0,39	0,35	0,39
-0,35	-0,03	0,35	0,03
0,57	-0,22	0,57	0,22
-0,36	0,10	0,36	0,10
-0,36	0,07	0,36	0,07
-0,39	-0,06	0,39	0,06
-0,39	-0,07	0,39	0,07
-0,39	0,04	0,39	0,04
-0,13	-1,21	0,13	1,21
-0,24	-1,38	0,24	1,38
-0,33	-1,54	0,33	1,54

Tabela 6.4 Błąd pomiaru Windows 7 dla testu drugiego.

- c) Windows 8.1, komputer z procesorem Intel i5, średnia arytmetyczna wartości bezwzględnej błędu dla dwóch pomiarów:

$$|3DAE_{cert}| = 0,69$$

$$|3UAE_{cert}| = 1,46$$

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
1,05	3,16	1,05	3,16
2,11	3,16	2,11	3,16
1,05	8,42	1,05	8,42
0,00	2,06	0,00	2,06
-0,60	6,32	0,60	6,32
-1,00	-3,16	1,00	3,16
-0,33	0,50	0,33	0,50
-1,18	0,50	1,18	0,50
-1,13	1,49	1,13	1,49
0,45	1,10	0,45	1,10
-0,81	-0,12	0,81	0,12
-0,21	-0,29	0,21	0,29
0,28	-0,03	0,28	0,03
-0,48	-0,26	0,48	0,26
-0,82	0,23	0,82	0,23
0,58	-0,20	0,58	0,20
-0,02	-0,05	0,02	0,05
-0,03	-0,07	0,03	0,07
-0,54	-0,25	0,54	0,25
-0,79	-0,03	0,79	0,03
-0,18	-0,05	0,18	0,05
-3,36	-0,78	3,36	0,78
-0,08	-0,76	0,08	0,76
-0,06	-0,76	0,06	0,76

Tabela 6.5 Błąd pomiaru Windows 8.1 dla testu pierwszego.

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
1,05	6,32	1,05	6,32
2,11	6,32	2,11	6,32
1,05	7,37	1,05	7,37
-0,10	1,03	0,10	1,03
0,40	6,32	0,40	6,32
-1,00	-3,16	1,00	3,16
-0,28	0,50	0,28	0,50
-1,18	0,50	1,18	0,50
-1,08	0,25	1,08	0,25
0,48	1,13	0,48	1,13
-0,88	-0,08	0,88	0,08
-0,15	-0,06	0,15	0,06

0,27	0,03	0,27	0,03
-0,50	-0,20	0,50	0,20
-0,96	-0,03	0,96	0,03
0,56	-0,20	0,56	0,20
-0,06	-0,03	0,06	0,03
-1,34	0,02	1,34	0,02
-0,56	-0,49	0,56	0,49
-0,89	-0,10	0,89	0,10
-0,15	-0,19	0,15	0,19
-0,42	-0,75	0,42	0,75
-0,35	-0,77	0,35	0,77
-0,11	-0,75	0,11	0,75

Tabela 6.6 Błąd pomiaru Windows 8.1 dla testu drugiego.

2. Wyniki testów dla skanerów antywirusowych:

- a) McAfee, Windows 7, komputer z procesorem Intel i3, średnia arytmetyczna wartości bezwzględnej błędu dla trzech pomiarów:

$$|4DAE_{cert}| = 0,17$$

$$|4UAE_{cert}| = 1,33$$

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
-0,27	-0,96	0,27	0,96
-0,26	-1,20	0,26	1,20
0,01	-1,76	0,01	1,76
-0,30	-1,25	0,30	1,25
-0,26	-1,59	0,26	1,59
-0,08	-1,53	0,08	1,53
-0,30	-1,14	0,30	1,14
-0,03	-1,27	0,03	1,27
0,00	-1,30	0,00	1,30

Tabela 6.7 Błąd pomiaru dla McAfee

- b) Comodo, Windows 8.1, komputer z procesorem Intel i5, średnia arytmetyczna wartości bezwzględnej błędu dla trzech pomiarów:

$$|5DAE_{cert}| = 0,74$$

$$|5UAE_{cert}| = 0,77$$

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
-0,05	-0,76	0,05	0,76
-0,09	-0,78	0,09	0,78
-0,06	-0,73	0,06	0,73
-0,90	-0,77	0,90	0,77
-0,13	-0,76	0,13	0,76
-0,03	-0,77	0,03	0,77
-2,79	-0,77	2,79	0,77
-2,47	-0,78	2,47	0,78
-0,14	-0,76	0,14	0,76

Tabela 6.8 Błąd pomiaru dla Comodo

- c) Avast, Windows 7, komputer z procesorem Intel i7, średnia arytmetyczna wartości bezwzględnej błędu dla trzech pomiarów:

$$|6DAE_{cert}| = 0,28$$

$$|6UAE_{cert}| = 0,79$$

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
-0,11	-0,76	0,11	0,76
-0,30	-0,79	0,30	0,79
-0,12	-0,82	0,12	0,82
-0,21	-0,80	0,21	0,80
-0,33	-0,76	0,33	0,76
-0,81	-0,86	0,81	0,86
-0,03	-0,76	0,03	0,76
-0,34	-0,77	0,34	0,77
-0,22	-0,79	0,22	0,79

Tabela 6.8 Błąd pomiaru dla Avast

- a) Windows Defender, Windows 10, komputer z procesorem Intel i7, średnia arytmetyczna wartości bezwzględnej błędu dla trzech pomiarów:

$$|7DAE_{cert}| = 0,18$$

$$|7UAE_{cert}| = 1,42$$

błąd % down	błąd % up	abs błąd % down	abs błąd % up
-0,67	-1,41	0,67	1,41
-0,13	-1,71	0,13	1,71
-0,09	-1,00	0,09	1,00
-0,06	-1,86	0,06	1,86
-0,07	-1,70	0,07	1,70
0,00	-0,92	0,00	0,92
-0,14	-1,74	0,14	1,74
-0,36	-1,61	0,36	1,61
-0,08	-0,86	0,08	0,86

Tabela 6.9 Błąd pomiaru dla Windows Defender

Zestawienie wyników błędu aplikacji klienckiej

1. Porównanie wyników błędu pełnego zakresu przepływności dla systemów operacyjnych:

Windows 10, CPU i7:

|1DAE_{cert}| = 0,89

|1UAE_{cert}| = 1,60

Windows 7, CPU i7:

|2DAE_{cert}| = 0,54

|2UAE_{cert}| = 1,38

Windows 8.1, CPU i5:

|3DAE_{cert}| = 0,69

|3UAE_{cert}| = 1,46

2. Porównanie wyników błędu maksymalnej przepływności dla systemów operacyjnych:

Windows 10, CPU i7:

|Max1DAE_{cert}| = 0,19

|Max1UAE_{cert}| = 1,00

Windows 7, CPU i7:

|Max2DAE_{cert}| = 0,24

|Max2UAE_{cert}| = 1,37

Windows 8.1, CPU i5:

|Max3DAE_{cert}| = 0,73

|Max3UAE_{cert}| = 0,76

3. Porównanie wyników błędu maksymalnej przepływności dla systemów antywirusowych oraz zapór sieciowych:

McAfee, Windows 7, CPU i3:

|4DAE_{cert}| = 0,17

|4UAE_{cert}| = 1,33

Comodo Windows 8.1, CPU i5:

|5DAE_{cert}| = 0,74

|5UAE_{cert}| = 0,77

Avast, Windows 7, CPU i7:

|6DAE_{cert}| = 0,28

|6UAE_{cert}| = 0,79

Windows Defender, Windows 10, CPU i7:

|7DAE_{cert}| = 0,18

|7UAE_{cert}| = 1,42

4. Porównanie wyników błędu maksymalnej przepływności dla pomiarów z i bez systemów antywirusowych oraz zapór sieciowych:

Średnia błędów z pomiarów z systemami antywirusowymi i zaparami sieciowymi:

$$|8DAE_{cert}| = 0,34$$

$$|8UAE_{cert}| = 1,08$$

Średnia błędów pomiarów bez systematów antywirusowych i bez zapór sieciowych

$$|9DAE_{cert}| = 0,39$$

$$|9UAE_{cert}| = 1,04$$

5. Porównanie wyników błędu maksymalnej przepływności dla procesorów Intel i3, i5 oraz i7

Średnia błędów z pomiarów i3:

$$|10DAE_{cert}| = 0,17$$

$$|10UAE_{cert}| = 1,33$$

Średnia błędów z pomiarów i5:

$$|11DAE_{cert}| = 0,74$$

$$|11UAE_{cert}| = 0,77$$

Średnia błędów z pomiarów i7:

$$|12DAE_{cert}| = 0,28$$

$$|12UAE_{cert}| = 0,79$$

6. Średnia błędu ze 180 pomiarów:

$$|13DAE_{cert}| = 0,52$$

$$|13UAE_{cert}| = 1,28$$

Wnioski z pomiarów przepływności

Podczas dziesięciodniowych badań przeprowadzono ponad 200 testów aplikacji. Celem była rzetelna ocena jakości pomiarów przepływności i wydanie rekomendacji dotyczącej nadania certyfikatu aplikacji monitorowania Internetu UAE.

Zestawienie wyników błędów pomiarów testowanej aplikacji, wykonanych w kontrolowanych warunkach środowiska testowego, przetestowanego certyfikowanym analizatorem sieciowym, przy założeniach błęd pomiaru ~0.5%, pozwala wyciągnąć następujące wnioski:

1. W pełnym zakresie 24 emulowanych usług dostępu do Internetu, dla dwukrotnie powtórzonych pomiarów, bezwzględna wartość średniej arytmetycznej błęd pomiaru przepływności w porównaniu do testów referencyjnych, wyniosła:

Wartość średnia błędów dla pomiarów przepływności downstream: |14DAE_{cert}| = 0,71%

Wartość średnia błędów dla pomiarów przepływności upstream: |14UAE_{cert}| = 1,48%

2. Wybór systemu operacyjnego: Windows10, Windows7 oraz Windows8.1 nie ma wpływu na jakość pomiaru badanej aplikacji. Różnica wyników mieści się w granicach założonego błędu środowiska testowego.
3. Maksymalna wartość przepływności interfejsu 1Gbps, została osiągnięta bez względu na system operacyjny oraz zainstalowany skaner antywirusowy czy zaporę sieciową. Oznacza to, że algorytm skanowania ruchu sieciowego ignoruje ruch testowy aplikacji.
4. Testowana aplikacja nie ma dużych wymagań mocy obliczeniowej procesora CPU dla komputera, na którym jest realizowany pomiar. Podczas generowania maksymalnego natężenia ruchu, obciążenie procesora pozostaje na poziomie 20-30% bez względu na typ/model komputera. Przeprowadzone testy dla CPU i3, i5 oraz i7 firmy Intel, nie wskazują na różnice wyników pomiaru przepływności ze względu na moc obliczeniową procesora.
5. Testy aplikacji klienckiej powinny być realizowane kilkakrotnie dla uzyskania wiarygodnej, miarodajnej próby wyników z uwagi na potencjalne błędy, będące wynikiem wpływu czynników środowiskowych komputera klienta nie wziętych pod uwagę w aplikacji pomiarowej.

Biorąc pod uwagę zgodność wyników pomiarów z zaleceniami RFC6349 oraz ich software'ową implementację w postaci aplikacji przygotowanej na typowy komputer domowy, na podstawie przeprowadzonych badań można zarekomendować przyznanie certyfikatu badanej aplikacji jako właściwie dokonującej pomiaru prędkości transmisji danych.