

ETSI EG 202 765-3 V1.1.2 (2010-07)

Príručka ETSI

**Kvalita prenosu hovoru a multimédií (STQ);
Ukazovatele QoS a výkonnosti siete a meracie metódy;
Časť 3: Ukazovatele výkonnosti siete a meracie metódy v sieťach IP**

Speech and multimedia Transmission Quality (STQ);
QoS and network performance metrics and measurement methods;
Part 3: Network performance metrics and measurement methods in IP networks



***Európsky inštitút pre telekomunikačné normy
European Telecommunications Standards Institute***

Dôležité upozornenie pre používateľov tejto slovenskej verzie

ETSI je vlastníkom autorských práv tohto dokumentu ETSI.

V prípade nezrovnalosti medzi anglickou a slovenskou verziou platí anglická verzia tohto dokumentu ETSI.
ETSI neskontroloval preklad a nepreberá žiadnu zodpovednosť za presnosť prekladu tohto dokumentu ETSI.

Anglická verzia tohto dokumentu ETSI sa môže stiahnuť zo stránky:

<http://www.etsi.org/standards-search>

Referenčné číslo

REG/STQ-00174-3

Kľúčové slová

performance, QoS

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex –
France

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 – NAF 742 C

Neziskové združenie registrované
na podprefektúre de Grasse (06) N° 7803/88

Dôležité upozornenie

Jednotlivé kópie tohto dokumentu možno stiahnuť zo stránky:

<http://pda.etsi.org>

Tento dokument môže byť dostupný vo viacerých elektronických verziách alebo v tlačenej forme. V prípade existujúceho alebo viditeľného rozdielu v obsahu medzi takýmito verziami je referenčnou verziou verzia v prenosnom dokumentovom formáte (Portable Document Format – PDF).

V prípade sporu je referenčným výťahom vytlačenený na tlačiarni ETSI z verzie PDF uchovávanéj na určenom sieťovom serveri sekretariátu ETSI.

Používatelia tohto dokumentu by mali brať do úvahy, že dokument môže byť revidovaný alebo sa môže zmeniť jeho postavenie. Informácie o postavení tohto dokumentu a ďalších dokumentov ETSI sú dostupné na

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

Ak nájdete v tomto dokumente chyby, svoje pripomienky zašlite na:

http://portal.etsi.org/chaircor/ETSI_support.asp

Oznam o autorských právach

Žiadna časť nesmie byť reprodukována bez písomného povolenia.

Autorské práva a z toho vyplývajúce obmedzenia sa vzťahujú na reprodukovanie všetkými druhmi médií.

© Európsky inštitút pre telekomunikačné normy 2010.

Všetky práva vyhradené

DECT™, **PLUGTESTS™**, **UMTS™**, **TIPHON™** sú obchodné značky ETSI registrované na prospech jej členov.
3GPP™ a **LTE™** sú obchodné značky ETSI registrované na prospech jej členov a partnerských organizácií 3GPP.
GSM® a logo GSM sú registrované obchodné značky vo vlastníctve asociácie GSM.

Obsah

Práva duševného vlastníctva	5
Predhovor	5
Úvod	5
1 Predmet	7
2 Referenčné dokumenty	7
2.1 Normatívne referenčné dokumenty	7
2.2 Informatívne referenčné dokumenty	7
3 Definície, symboly a skratky	10
3.1 Definície	10
3.2 Symboly	10
3.3 Skratky	11
4 Definícia ukazovateľov výkonnosti a meracie metódy	13
4.1 Jednocestné oneskorenie v porovnaní s oneskorením prenosu paketu IP	13
4.1.1 Definícia IETF	13
4.1.2 Definícia ITU-T	14
4.1.3 Porovnanie a odporúčania	15
4.1.4 Aktívna meracia metóda	16
4.1.5 Pasívna meracia metóda	17
4.2 Oneskorenie v slučke	18
4.2.1 Definícia IETF	19
4.2.2 Definícia ITU-T	19
4.2.3 Porovnanie a odporúčania	19
4.2.4 Aktívna meracia metóda	19
4.2.5 Pasívna meracia metóda	21
4.3 Zmena oneskorenia paketu IP/zmena oneskorenia paketu IP medzi koncovými bodmi dvojbodového spojenia	23
4.3.1 Definícia IETF	23
4.3.2 Definícia ITU-T	24
4.3.3 Porovnanie a odporúčania	25
4.3.4 Aktívna meracia metóda	27
4.3.5 Pasívna meracia metóda	27
4.4 Jednocestná stratovosť paketov/miera stratovosti paketu IP	27
4.4.1 Definícia IETF	27
4.4.2 Definícia ITU-T	27
4.4.3 Porovnanie a odporúčania	28
4.4.4 Aktívna meracia metóda	28
4.4.5 Pasívna meracia metóda	29
4.5 Pripojiteľnosť/dostupnosť služby IP	29
4.5.1 Definícia IETF	29
4.5.2 Definícia ITU-T	30
4.5.3 Porovnanie a odporúčania	31
4.5.4 Aktívna meracia metóda	31
4.5.5 Pasívna meracia metóda	32
5 Iné ukazovatele	33
5.1 Objem dát a paketov	33
5.2 Zmena poradia paketov	33
5.3 Pripustnosť šírky pásma, dostupná šírka pásma a využitie	33
5.4 Veľkokapacitný transport	34
5.5 Vzorky stratovosti paketov	34
5.6 Ukazovatele hlásené RTCP	35
6 Prehľad dôležitých normalizačných orgánov a pracovných skupín na výkonnosť siete	37
6.1 IETF	37
6.1.1 Pracovná skupina IPPM (ukazovatele výkonnosti IP)	37
6.1.2 Pracovná skupina IPFIX (export informácie o toku IP)	37
6.1.3 Pracovná skupina PSAMP (vzorkovanie paketov)	38
6.2 ITU-T	38
6.2.1 Študijná skupina 12 (výkonnosť a kvalita služby)	38
6.2.2 Študijná skupina 15 (optické a iné transportné sieťové infraštruktúry)	39

Príloha A: Literatúra	40
História	41

Práva duševného vlastníctva

Práva duševného vlastníctva, ktoré majú alebo môžu mať zásadný význam pre tento dokument, mohli byť oznámené organizácii ETSI. Informácie o týchto zásadných právach duševného vlastníctva, ak existujú, sú pre členov i nečlenov ETSI verejne dostupné a môžu ich nájsť v dokumente SR 000 314 s názvom Práva duševného vlastníctva (IPRs); Zásadné alebo potenciálne zásadné práva duševného vlastníctva, oznámené organizácii ETSI vo vzťahu k normám ETSI, ktorý je možno získať na sekretariáte ETSI. Najnovšie znenie je dostupné na serveri ETSI. <http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>

V súlade so svojou politikou v oblasti práv duševného vlastníctva ETSI neskúma ani nevyhľadáva žiadne práva duševného vlastníctva. Neposkytuje ani záruku na iné práva duševného vlastníctva, ktoré nie sú uvedené v dokumente SR 000 314 (alebo v jeho aktualizovaných vydaniach na serveri ETSI), ktoré sú, alebo môžu byť, alebo by sa mohli stať dôležitými pre predkladaný dokument.

Predhovor

Túto príručku ETSI (EG) navrhla technická komisia ETSI "Kvalita prenosu hovoru a multimédií (STQ)".

Tento dokument je 3. časť viacdielného dokumentu obsahujúceho ukazovatele kvality a výkonnosti siete a meracie metódy, určených nasledovne:

EG 202 765-1: "Všeobecné hľadiská";

ES 202 765-2: "Indikátor kvality prenosu kombinovaný s ukazovateľom kvality hlasu";

EG 202 765-3: "Ukazovatele výkonnosti siete a meracie metódy v sieťach IP";

ES 202 765-4: "Indikátory na dohľad viacnásobných služieb".

Úvod

Potreba definovať ukazovatele výkonnosti internetu a metodiky merania pochádzajú z potreby porovnať rozličné merania a merať výkonnosť s opakovateľnou a jednoznačnou metodikou nezávislou od prenosovej technológie a od podrobností implementácie. Obidve skupiny, skupina 12 v ITU-T a pracovná skupina IPPM v ETSI navrhli takéto definície (pozri tabuľka 1), hoci každý z rozličných dôkazov je tesne spojený s históriou obidvoch organizácií. ITU má svoj pôvod v telefónii, IETF má svoje pozadie v dátových sieťach. ITU zdôrazňuje vývoj služby a jej kvalitu, IETF meria sieť a chce poskytovať komunite IT presné, všeobecne pochopiteľné meranie výkonnosti a spoľahlivosti internetu [i.2].

V mnohých prípadoch to skôr vedie k rozličnej terminológii, ako k nekompatibilite, k mnohým rozdielom v prístupe a zdôrazňovaní obsluhy, k rozličnému úmyslu použiť každý ukazovateľ ale nemá prevádzkový význam. V niektorých prípadoch terminológia použitá v rôznych organizáciách sa môže vzájomne mapovať, aj keď v niektorých iných existuje len približná rovnosť (napríklad, sieťová časť ITU oproti obláčiku IPPM; jeden je zameraný na zodpovedajúce udalosti, zatiaľ čo iné ukazovatele predurčia jeden paket). Ďalšie výrazy nemajú zhodu. Napríklad odporúčanie ITU-T I.380 [i.28] má pojem referenčnej udalosti prenosu paketu IP, zatiaľ čo IPPM definuje čas na vedení ("wire time").

Iné rozdiely medzi ukazovateľmi IETF a ITU-T vyplývajú z ich určenej aplikácie. Ukazovatele ITU-T sa snažia poskytovať spoločný jazyk pre prevádzkovateľov na komunikáciu o výkonnosti, teda ukazovatele ITU-T sa nesústreďujú na výkonnosť v jednej sieti, zatiaľ čo IETF sa zameriava na meranie výkonnosti protokolov a implementáciu. ITU-T sa sústreďuje na vyhodnotenie služby a vylučuje nesprávne použitie, zatiaľ čo IETF sa pokúša merať sieťové veličiny a zamedziť neobjektívne nameraným výsledkom. Následkom ich vlastných činností ITU-T všeobecne produkuje štatistické ukazovatele zamerané na kvantitatívnu prezentáciu úplnej skúsenosti používateľa medzi koncovými bodmi, zatiaľ čo pracovná skupina IPPM v IETF sa hlavne zameriava viac na štatistické ukazovatele, ktoré poskytujú podrobný technický pohľad z rôznych aspektov prenosovej kvality v sieťovej trase.

Tabuľka 1 – Zoznam dôležitých noriem

	RFC z IETF	Odporúčania ITU-T
Štruktúra	RFC 2330 [i.2]	Y.1540 [i.1], kapitoly 1 až 5
Stratovosť	RFC 2680 [i.5]	Y.1540 [i.1], čl. 5.5.6 G.1020 [i.17]
Oneskorenie	RFC 2679 [i.4] (jednocestné) RFC 2681 [i.6] (v slučke)	Y.1540 [i.1], čl. 6.2 G.1020 [i.17] G.114 [i.16] (jednocestné)
Zmena oneskorenia	RFC 3393 [i.9]	Y.1540 [i.1], čl. 6.2.2 G.1020 [i.17]
Spojenie/Dostupnosť	RFC 2678 [i.3]	Y.1540 [i.1], kapitoly 7
Vzory stratovosti	RFC 3357 [i.8]	G.1020 [i.17]
Oprava paketu Zdvojenie paketu	RFC 4737 [i.11]	Y.1540 [i.1], čl. 5.5.8.1 a 6.6 Y.1540 [i.1], čl. 5.5.8.3, 5.5.8.4, 6.8, a 6.9
Priepustnosť šírky pásma spoja/ trasy, využitie spoja, dostupná priepustnosť	RFC 5136 [i.21]	
Veľkokapacitný transport	RFC 3148 [i.7], RFC 5136 [i.21]	

Zámerom tohto dokumentu je definovať ukazovatele výkonnosti siete na aplikácie citlivé na kvalitu služby ako je VoIP, odvolávajúci sa na existujúcu prácu vytvorenú v IETF a ITU-T. Tento dokument objasňuje rozdiely medzi dvomi normami a poskytuje pravidlá na riešenie týchto odchýlok, ak sú vhodné na pomenovanie rozličných cieľov.

Predmet tohto dokumentu je obmedzený na ukazovatele výkonnosti IP dôležité na prenos dát v sieťach IP pre použitie v aplikáciách citlivých na kvalitu služby. Pre každý uvedený ukazovateľ dokument odporúča jednu alebo viac meracích metód. Dokument sa zameriava na ukazovatele QoS štandardnej siete; ukazovatele prijatej QoS použitej na prenos hlasu sa nenachádzajú v tomto dokumente.

Zvyšok tohto dokumentu je rozdelený nasledovne: kapitola 4 opisuje definície najdôležitejších ukazovateľov výkonnosti podľa definícií normalizačných orgánov a metódy ich merania a venuje sa použitiu definícií a rozdielmi medzi nimi. Kapitola 5 sa zaoberá inými ukazovateľmi využívanými na QoS. Nakoniec kapitola 6 uvádza prehľad dôležitých noriem na meranie QoS, ktoré sa môžu použiť pri vyhodnotení výkonnosti medzi koncovými bodmi.

1 Predmet

Tento dokument poskytuje prehľad všeobecných definícií ukazovateľov a špecifikácií meracích metód, na ktorých je založená interoperabilita merania sieťovej výkonnosti (tiež sa označuje meranie QoS). Dve rozličné normalizačné organizácie, riešiteľská skupina rozvoja internetu (IETF) a Medzinárodná telekomunikačná únia – sektor normalizácie v telekomunikáciách (ITU-T), pomenovali tieto problémy. Tento dokument uvádza tieto hľadiská:

- Prehľad existujúcej výkonnosti siete vzhľadom na normy IETF a ako sa tieto normy môžu použiť na merania výkonnosti siete medzi koncovými bodmi. Predmetom tejto práce je tiež prebrať vzťah týchto noriem k tým v ITU-T a ETSI.
- Prebrať a porovnať definície ukazovateľov použitých na špecifikovanie a vyhodnotenie výkonnosti v sieťach IP. Ukazovatele pomenované v tomto dokumente sú tie definované v IETF v pracovnej skupine IPPM a študijnej skupine 12 v ITU-T. Okrem porovnania rozličných definícií, tento dokument dáva pravidlá využitia ktorý ukazovateľ je viac vhodný na osobitnú aplikáciu, konfiguráciu alebo variant.
- Definuje meracie metódy pri vybraných ukazovateľoch výkonnosti v sieťach IP, uvádza aktívne a pasívne metódy. V dokumente sa uvádzajú objasňujúce pravidlá.

POZNÁMKA. – Všetky časti textu v zvyšku tohto dokumentu, ktoré sú v zátvorke (") a napísané italikou vyznačujú odkazy prebraté doslovne z dokumentov v odkaze.

2 Referenčné dokumenty

Referenčné dokumenty sú špecifikované (určené dátumom vydania, číslom vydania, číslom verzie atď.), alebo nešpecifikované. V prípade špecifikovaného referenčného dokumentu sa používajú len uvedené verzie. V nešpecifikovanom referenčnom dokumente sa použije posledná verzia referenčného dokumentu (vrátane akýchkoľvek dodatkov).

Uvádzané referenčné dokumenty, ktoré nie sú verejne dostupné v predpokladanom mieste sa môžu vyhľadať na <http://docbox.etsi.org/Reference>.

POZNÁMKA. – Pokiaľ akýkoľvek hyperlink obsiahnutý v tomto článku bol platný v čase publikovania, ETSI nemôže garantovať jeho platnosť z dlhodobého hľadiska.

2.1 Normatívne referenčné dokumenty

V tejto špecifikácii sú ďalej uvedené dokumenty nevyhnutné.

Nepoužívajú sa.

2.2 Informatívne referenčné dokumenty

V tejto technickej špecifikácii sú ďalej uvedené dokumenty nie sú dôležité, ale pomáhajú používateľovi v konkrétnej predmetnej oblasti.

- [i.1] ITU-T Recommendation Y.1540: "Internet protocol data communication service - IP packet transfer and availability performance parameters".
- [i.2] IETF RFC 2330: "Framework for IP Performance Metrics". V. Paxson, G. Almes, J. Mahdavi, M. Mathis. May 1998.

- [i.3] IETF RFC 2678: "IPPM Metrics for Measuring Connectivity". J. Mahdavi, V. Paxson. September 1999.
 - [i.4] IETF RFC 2679: "A One-way Delay Metric for IPPM". G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas. September 1999.
 - [i.5] IETF RFC 2680: "A One-way Packet Loss Metric for IPPM". G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas. September 1999.
 - [i.6] IETF RFC 2681: "A Round-trip Delay Metric for IPPM". G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas. September 1999.
 - [i.7] IETF RFC 3148: "A Framework for Defining Empirical Bulk Transfer Capacity Metrics". M. Mathis, M. Allman. July 2001.
 - [i.8] IETF RFC 3357: "One-way Loss Pattern Sample Metrics". R. Koodli, R. Ravikanth. August 2002.
 - [i.9] IETF RFC 3393: "IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM)". C. Demichelis, P. Chimento. November 2002.
 - [i.10] IETF RFC 4656: "A One-way Active Measurement Protocol (OWAMP)". S. Shalunov, B. Teitelbaum, A. Karp, J. Boote, M. Zekauskas. September 2006.
 - [i.11] IETF RFC 4737: "Packet Reordering Metrics". A. Morton, L. Ciavattone, G. Ramachandran, S. Shalunov, J. Perser. November 2006.
 - [i.12] IETF RFC 5101: "Specification of the IPFIX Protocol for the Exchange of IP Traffic Flow Information". B. Claise, S. Bryant, S. Leinen, T. Deitz, B. Trammell. January 2008.
 - [i.13] Internet-Draft, work in progress: "IPFIX Architecture". N. Brownlee et Al.
 - [i.14] IETF RFC 5102: "IPFIX Information Model". J. Quittek et Al. January 2008.
 - [i.15] Internet-Draft, work in progress: "IPFIX Applicability Statement". T. Zseby, E. Boschi, N. Brownlee, B. Claise.
 - [i.16] ITU-T Recommendation G.114 (05/03): "One-way transmission time".
 - [i.17] ITU-T Recommendation G.1020 (07/06): "Performance parameter definitions for quality of speech and other voiceband applications utilizing IP networks".
 - [i.18] IETF RFC 3917: "Requirements for IP Flow Information Export". J. Quittek, T. Zseby, B. Claise, S. Zander. October 2004.
 - [i.19] draft-morton-ippm-reporting-metrics-02 work in progress: "Reporting Metrics: Different Points of View", A. Morton, G. Ramachandran, G. Maguluri.
- NOTE: <http://tools.ietf.org/html/draft-morton-ippm-reporting-metrics-02>, and the derived presentation " Reporting Metrics: Different Points of View" presented by Al Morton on IETF66 July 2006, <http://www3.ietf.org/proceedings/06jul/slides/ippm-2.pdf>.
- [i.20] IETF RFC 3611: "RTP Control Protocol Extended Reports (RTCP XR)", T. Friedman, R. Caceres, A. Clark. November 2003.

- [i.21] IETF RFC 5136: "Defining Network Capacity", P. Chimento, J. Ishac. February 2008.
- [i.22] IETF RFC 2581: "TCP Congestion Control", M. Allman, V. Paxson, W. Stevens. April 1999.
- [i.23] IETF RFC 5357: "A Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP)", K. Hedayat, R. Krzanowski, A. Morton, K. Yum, J. Babiarz. October 2008.
- [i.24] IETF RFC 1122: "Requirements for Internet Hosts - Communication Layers", R. Braden ed. October 1989.
- [i.25] IETF RFC 3550: "User Accounts for UCSB On-Line System".
- [i.26] IETF RFC 1633: "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview".
- [i.27] IETF RFC 2216: "Network Element Service Specification Template".
- [i.28] ITU-T Recommendation I.380: "Internet protocol data communication service - IP packet transfer and availability performance parameters".

3 Definície, symboly a skratky

3.1 Definície

V dokumente sa používajú výrazy a definície sú uvedené v RFC 2330 [i.2], odporúčaní ITU-T G.1020 [i.17] a RFC 2680 [i.5].

3.2 Symboly

V dokumente sa používajú symboly:

T, t	čas
T_{\max}	časový prah
dT	časový prírastok.

3.3 Skratky

V dokumente sa používajú skratky:

ASON	Automatically Switched Optical Network	automaticky prepínaná optická sieť
ATM	Asynchronous Transfer Mode	asynchrónny prenosový mód
BTC	Bulk transport Capacity	veľkokapacitný transport
DNS	Domain Name System	systém doménových indikátorov
ESD	End System Delay	oneskorenie koncového systému
FTP	File Transfer Protocol	protokol prenosu súboru
HTTP	HyperText Transfer Protocol	hypertextový prenosový protokol
ICMP	Internet Control Message Protocol	internetový protokol riadiacich správ
IETF	Internet Engineering Task Force	riešiteľská skupina rozvoja internetu
IPDV	IP Packet Delay Variation	zmena oneskorenia paketu IP
IPFIX	IP Flow Information eXport	export informácie o toku IP
IPLR	IP Packet Loss Ratio	stratovosť paketov IP
IPPM	IP Performance Metrics	ukazovatele výkonnosti IP
IPTD	IP Packet Transfer Delay	oneskorenie prenosu paketov IP
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication standardisation sector	Medzinárodná telekomunikačná únia – Sektor normalizácie v telekomunikáciách
MIB	Management Information Base	databáza riadiacich informácií
NSE	Network Section Ensemble	súbor časti siete
OP	Observation Point	merací bod
OWAMP	One Way Active Measurement Protocol	protokol jednocestného aktívneho merania
OWD	One Way Delay	jednocestné oneskorenie
PDV	Packet Delay Variation	zmena oneskorenia paketu
PIA	Percent IP service Availability	percentuálna dostupnosť služby IP
PON	Passive Optical Network	pasívna optická sieť
PSAMP	Packet SAMPling	snímanie paketu
QoS	Quality of Service	kvalita služby
RFC	Request For Comments	žiadosť o pripomienky
RTCP	Real Time Control Protocol	protokol riadenia RTP
RTD	Round Trip Delay	oneskorenie v slučke
RTP	Real-Time Transport Protocol	protokol komunikácie v reálnom čase
RTT	Round Trip Time	časová slučka
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	synchrónna digitálna hierarchia
SLA	Service Level Agreement	zmluva o úrovni služby

TCP	Transmission Control Protocol	protokol riadenia prenosu
TWAMP	Two-Way Active Measurement Protocol	protokol dvojcestného aktívneho merania
UTC	Coordinated Universal Time	koordinovaný svetový čas
VoIP	Voice over IP	prenos hlasu internetovým protokolom

4 Definícia ukazovateľov výkonnosti a meracie metódy

V tejto kapitole sú zostavené všeobecné definície pri ukazovateľoch výkonnosti siete. Tieto definície sú založené, ak je to možné, na existujúcich definíciách navrhnutých inými významnými normalizačnými orgánmi ako sú IETF alebo ITU-T. Treba si všimnúť, že rozdielne definície podobných ukazovateľov sú v mnohých prípadoch kompatibilné, tak že sú významovo rovnocenné alebo jednoducho konvertovateľné navzájom.

Pri každom ukazovateli sú definované pasívne a aktívne meracie metódy. Treba si všimnúť, že sme sa zamerali na všeobecne používané meracie metódy a nie na normy, ak norma existuje, je tiež uvedený odkaz. Treba si všimnúť tiež, že v tomto texte sa odkazuje na každý ukazovateľ na aktívne a pasívne merania nasledujúcim spôsobom:

- **Aktívne meranie**

Aktívne meranie zavádza prevádzku do siete a vypočítava prevádzku ukazovateľov založenú na monitorovaní zavedenej prevádzky alebo reakcie na zavedenú prevádzku. Aktívna skúška prevádzky môže rušiť inú prevádzku už prítomnú v sieti, preto jej plánovanie a objem sa musí starostlivo konfigurovať. Niektorí môžu rozlišovať aktívne monitorovacie systémy založené na funkcii vysielača a prijímača a sledovanej prevádzky, to je podrobne špecifikované na uvažované ukazovatele v nasledujúcom texte.

- **Pasívne meranie**

Pasívne meranie poskytuje informáciu o prevádzke v sledovanej sieti zaznamenávaním všetkých alebo vybraných podskupín paketov IP prechádzajúcich monitorovacím bodom. Pretože nie je generovaná žiadna skúšobná prevádzka, pasívne meranie sa môžu použiť len ak záujmová prevádzka je už prítomná v sieti. Fyzické rozmiestnenie monitorovacích snímačov v sieti sa realizuje rozličným spôsobom, v závislosti od ukazovateľov záujmu, ale tiež na sieťovej technológii, napríklad vo frekvenčnej výhybke na fyzickom vedení, v pripojení normálneho klienta vo vysielačích sieťach alebo vo vyhradenom monitorovacom porte na prepínači alebo smerovači.

4.1 Jednocestné oneskorenie v porovnaní s oneskorením prenosu paketu IP

Oneskorenie sa používa na meranie predpokladaného času prechodu paketu IP sieťou z jedného hostiteľa k inému. Oneskorenie sa používa na protokoly QoS citlivé na oneskorenie. Ukazovatele IETF a ITU-T na meranie oneskorenia sú v zásade kompatibilné, vyskytujú sa drobné rozdiely. Podrobnosti o týchto ukazovateľoch sa uvádzajú v tejto kapitole.

4.1.1 Definícia IETF

RFC 2679 [i.4] rozlišuje medzi "jednocestným analytickým ukazovateľom", označeným Type-P-One-way-Delay (jednocestné oneskorenie paketu typu P), a "vzorkou", označenou Type-P-One-way-Delay-Poisson-Stream (jednocestné oneskorenie paketu typu P s Poissonovým rozdelením). Jednocestný ukazovateľ je určený na meranie jedného pozorovania jednocestného oneskorenia, zatiaľ čo vzorka sa používa na meranie postupnosti oneskorení jednocestných ukazovateľov nameraných v čase danom Poissonovou metódou. Na základe týchto vzoriek, sú definované určité štatistické údaje, ako Type-P-One-way-Delay-Percentile (variačný koeficient jednocestného oneskorenia paketu typu P), Type-P-One-way-Delay-Median (medián jednocestného oneskorenia paketu typu P), Type-P-One-way-Delay-Minimum (minimálne jednocestné oneskorenie paketu

typu P), a Type-P-One-way-Delay-Inverse-Percentile (inverzný variačný koeficient jednocestného oneskorenia paketu typu P) .

Aj keď hodnoty mnohých týchto ukazovateľov závisia na type paketu IP použitého na vykonávanie merania, definície ukazovateľov IPPM obsahujú základný pojem "paket typu P", ktorý sa ďalej špecifikuje pri vykonávaní aktuálnych meraní.

RFC 2679 [i.4] definuje:

"Pri reálnom čísle dT , \gg *Type-P-One-way-Delay* zo Src k Dst v T je $dT \ll$ znamená, že Src vyslala prvý bit paketu typu P k Dst v čase spojenia * T a, že Dst prijal posledný bit tohto paketu v čase spojenia $T+dT$."

Pojem čas spojenia sa uvádza v RFC 2330 [i.2] v súvislosti s uvažovaním dodatočného oneskorenia odvodeného z použitia internetového hostiteľa na vykonávanie meraní. Čas spojenia sa definuje vzhľadom na internetového hostiteľa H sledujúceho internetový spoj L v osobitnej lokalite. Presnejšie, s daným paketom P, "čas príchodu na vedenie" P v H na L je prvý čas (poznámka) T, v ktorom prvý bit P sa objavil v H sledujúcom polohu na L. Opačne s daným paketom P "čas opustenia vedenia" P v H na L je prvý čas T, v ktorom všetky bity P sa objavili na H sledujúcom polohu na L. Oneskorenie spojovacieho času je definované, ako čas medzi časom prvého príchodu, moment v ktorom prvý bit paketu opúšťa sieťové rozhrania zdroja a následným časom ukončenia na vzdialenej strane, moment v ktorom je úplne prijatý na sieťovom rozhraní v cieľovom hostiteľovi.

POZNÁMKA. – Paket IP môže prísť do cieľa D viackrát akolen raz, následkom opakovaného prenosu.

S hornou hranicou predpokladaného doručenia paketu je potrebné uvažovať (prah sa tiež musí zaznamenať):

"Ak paket nepríde v prijateľnom časovom intervale, jednocestné oneskorenie nie je definované (neoficiálne, nekonečne veľké)."

Ďalej RFC 2680 [i.5] uvádza o poškodených paketoch:

" Ak paket príde, ale je poškodený, potom sa počíta ako stratený."

To je užitočný postup, pretože poškodené pakety (hoci aj prišli) sa nemôžu bezpečne priradiť k toku alebo vysielajúcu prevádzku, pretože identifikátor zdroja môže byť časťou paketu, ktorá bola poškodená.

4.1.2 Definícia ITU-T

Odporúčanie ITU-T Y.1540 [i.1] definuje ukazovateľ IPTD oneskorenia prenosu paketu IP ako jednocestné oneskorenie prenosu paketu IP pri všetkých úspešných a chybových paketových prenosoch cez základnú časť alebo súbor sieťových častí (NSE). IPTD je čas ($t_2 - t_1$) medzi vznikom dvoch zodpovedajúcich výskytov referenčného paketu IP, vstupná udalosť IPRE₁ v čase t_1 a výstupná udalosť IPRE₂ v čase t_2 , kde ($t_2 > t_1$) a ($t_2 - t_1$) $\leq T_{max}$. Ak vznikne fragmentácia potom čas t_2 je považovaný za čas posledného odpovedajúceho fragmentu [i.1].

Na pochopenie tejto definície sa musí objasniť pojem udalosť referenčného paketu IP. Odporúčanie ITU-T Y.1540 [i.1] ho definuje takto:

Udalosť prenosu paketu IP vzniká, ak:

- paket IP prechádza meracím bodom (MP);

- štandardné postupy IP použité na overenie paketu overia, že kontrolná suma záhlavia je platná;
- adresné zdrojové a cieľové polia v záhlaví paketu IP reprezentujú adresy IP predpokladaného zdrojového hostiteľa a cieľového hostiteľa.

Udalosti referenčného prenosu paketu IP sú definované bez ohľadu na fragmentáciu paketu.

Udalosť výstupu IP je uvedená v súhlase s predchádzajúcou udalosťou vstupu, ak boli vytvorené rovnakým paketom IP.

Na záver, oneskorenie prenosu paketu IP medzi koncovými bodmi je jednocestné oneskorenie medzi meracím bodom v hostiteľovi zdroja a hostiteľovi cieľa.

Odporúčanie ITU-T Y.1540 [i.1] tiež uvádza priemernú hodnotu oneskorenia prenosu paketu IP, ktorá je definovaná ako aritmetický priemer oneskorenia prenosu paketu IP na skúšobnú vzorku paketov.

4.1.3 Porovnanie a odporúčania

Všeobecne ITU-T následkom svojho telekomunikačného pôvodu, často vyhodnocuje sledované oneskorenie v koncových bodoch úplného spojenia medzi koncovými bodmi, napríklad od ukončovacieho bodu siete k ukončovaciemu bodu siete, zatiaľ čo IETF je zamerané na oneskorenie siete medzi rozhodovacími bodmi v sieti. Ak nastavíme horné hranice napríklad na plánovanie siete potom želaná aplikácia (napríklad VoIP) tak ako ovplyvňuje QoS následkom kodekov a vyrovnávacími zásobníkmi jitera sa musia uvažovať pri vyhodnotení potrebnej QoS v sieti.

Dve definície z IETF a ITU-T na jednocestné oneskorenie sa môžu považovať za kompatibilné. V obidvoch definíciách sú dôležité udalosti (a) čas práve pred vyslaním paketu na vedenie a (b) čas po úplnom prijíme paketu v cieľi. Pretože v definícii RFC 2330 [i.2] oneskorenie času vedenia nie je priamo ekvivalentné terminológii ITU-T, môže sa interpretovať ako viditeľnosť daného paketu v obidvoch meracích bodoch; byť presný v časovaní IETF prvého a posledného bitu paketu na vedení je dôležité, ak ITU-T definuje tieto udalosti založené na momente ak paket prechádza bod vo vysielačom alebo prijímačom zásobníku IP (pozri poznámku). Môže sa určiť, že jednocestné oneskorenie na obidve definície zberu oneskorenia, že jeden bit paketu využije trasu naprieč sieťou + čas oneskorenia jedného sériového prevodu paketu IP, závisí od dĺžky paketu a rýchlosti fyzického spoja. Podľa definície ITU-T v odporúčaní ITU-T Y.1540 [i.1] nie je jasné aké ďalšie oneskorenie vnútri meracích bodov sa môže pripočítavať k nameranému oneskoreniu.

POZNÁMKA. – Y.1540 uvádza " presné umiestnenie meracieho bodu služby IP v zásobníku protokolu IP sa naďalej študuje."

V definícii IETF za poškodené pakety sa pokladajú stratené a ich oneskorenie sa oficiálne definuje ako nedefinovaná hodnota oneskorenia, ktorá sa môže neoficiálne navrhnuť ako nekonečná. V protiklade, že oneskorenie prenosu paketu IP, definovaného v odporúčaní ITU-T Y.1540 [i.1] používa kombinovaný súbor úspešne doručených a poškodených paketov. Rozhodnutie či paket je poškodený alebo stratený môže byť ťažké detegovať v určitých prípadoch, ako je použitie hašovacích metód na identifikáciu paketov na referenciu a na sledovaných meracích bodoch cez ID určenú na základe obsahu paketu. Špeciálna starostlivosť sa musí venovať detekcii poškodených paketov: v prípade, že polia záhlavia alebo používateľských dát paketu sa použijú v meraní (napríklad, čítač poradovej identifikácie v aktívne snímaných paketoch) potom sa použijú všetky kontrolné súčty paketu až do kontroly príslušného záhlavia alebo používateľských dát.

Obidva, RFC 3393 [i.9] a odporúčanie ITU-T Y.1540 [i.1], vyjadrujú svoje ukazovatele na vzorkách, ktoré sú podmienené úspešným príchodom v čase čakania, napríklad obidve definície zahŕňajú

pakety prichádzajúce po čase čakania medzi stratené pakety. Je dôležité vybrať prijateľný bezpečný prah na rozhodnutie, či sú pakety, kedy sú pakety považované za stratené. Musí sa nastaviť, pretože nevýznamný počet paketov je meraných ako stratené, pretože boli trochu pomalé, napríklad malé množstvo nad prahom. Naopak, odvodené prevádzkové štatistické údaje majú byť s odchýlkou. Tento prah sa musí zaznamenať spolu s nameranými výsledkami. V prípade fragmentácie, sa počíta čas do prijmu všetkých fragmentov. Ak nie sú prijaté všetky fragmenty, pakety sa považujú za stratené. Podrobné porovnanie spracovania paketov na merania jednocestného oneskorenia je uvedené v [i.19].

Ak sú vypočítané štatistické údaje založené na súbore hodnôt oneskorenia, je ťažké rozhodnúť či zahrnúť, alebo nezahrnúť aj "stratené" (stratené alebo príliš oneskorené) pakety v tomto výpočte. Obidve normy predpokladajú, že straty paketov budú zahrnuté do štatistických údajov ako je medián alebo iný variačný koeficient (s hodnotou oneskorenia nedefinovanou alebo nekonečnou). Do iných štatistických údajov ako priemerné oneskorenie to nie je užitočný postup, pretože naopak priemerné oneskorenie sa nemusí definovať alebo môže byť nekonečné vtedy, ak sa stratil v tomto meraní len jeden paket.

Na rozdiel od týchto podrobností na meranie jednocestného oneskorenia a určité rozdiely v terminológii, neexistujú významné rozdiely medzi definíciami jednocestného oneskorenia v porovnaní s oneskorením prenosu paketu IP.

Na meranie jednocestných ukazovateľov je nevyhnutná synchronizácia obidvoch prenosových strán meraných zariadení. Synchronizácia sa môže vykonávať hodinami GPS, ak sú vzdialené dve strany. Ak strany sú kolokované, synchronizáciu môže poskytovať priamo analyzátor. Na vyhodnotenie ukazovateľa, sa požaduje presnosť hodín analyzátora lepšia ako 10 ppm.

4.1.4 Aktívna meracia metóda

Aktívne meranie jednocestného oneskorenia definované IETF v RFC 2679 [i.4] požaduje meranie skúšobných paketov prenášaných medzi dvomi koncovými bodmi v sieti, hostiteľ zdroja, ktorý vysiela skúšobný paket a hostiteľ cieľa, ktorý prijíma skúšobný paket. Jednocestné oneskorenie sa potom vypočíta ako rozdiel medzi časom, v ktorom sa skúšobný paket prijal v cieľi a časom vyslania skúšobného paketu.

Postup na meranie jednocestného oneskorenia obsahuje tieto kroky:

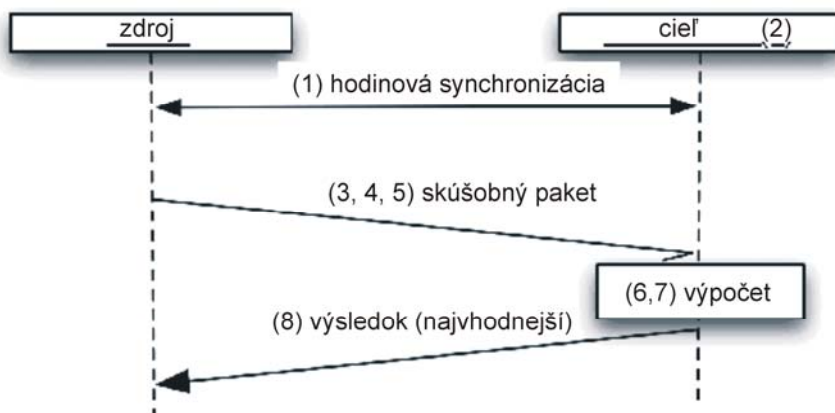
- 1) Hostiteľ zdroja a hostiteľ cieľa sú synchronizovaný.
- 2) Hostiteľ cieľa je pripravený prijať skúšobný paket vyslaný hostiteľom zdroja.
- 3) Hostiteľ zdroja vytvára skúšobný paket. Akákoľvek 'výplňová' časť paketu potrebuje len vytvoriť skúšobný paket danej veľkosti vyplnený náhodnými bitmi na zabránenie situácie, v ktorej merané oneskorenie je nižšie, akoby bolo následkom kompresných metód na trase.
- 4) Hostiteľ zdroja umiestni časovú pečiatku do pripraveného paketu.

POZNÁMKA. – Obyčajne tiež umiestni aj čítač alebo identifikátor do skúšaného paketu, tak, že hostiteľ cieľa môže identifikovať aj počet stratených skúšobných paketov.

- 5) Hostiteľ zdroja vyšle skúšobný paket k hostiteľovi cieľa.
- 6) Hostiteľ cieľa prijme skúšobný paket a zaznamená čas jeho príchodu.
- 7) Hostiteľ cieľa vypočíta jednocestné oneskorenie odpočítaním dvoch časových pečiatok. Ak oneskorenie medzi časovou pečiatkou hostiteľa zdroja a aktuálne vyslaným paketom je známe, potom predbežný výpočet sa môže nastaviť odpočítaním tejto hodnoty. Podobne,

ak oneskorenie medzi aktuálnym úplným prijatím paketu sieťovou kartou rozhrania hostiteľa a časovou pečiatkou hostiteľa cieľa je známe, potom predbežný výpočet sa môže nastaviť odpočítaním tejto hodnoty. Ak paket nepríde v prijateľnom časovom intervale, jednocestné oneskorenie nie je definované.

- 8) Hostiteľ cieľa smeruje výsledok späť k zdroju, ak výsledok požaduje zdroj.



Obrázok 1 – Aktívna meracia metóda jednocestného oneskorenia

IETF definovalo protokol jednocestného aktívneho merania OWAMP [i.10] na aktívne meranie ukazovateľa jednocestného oneskorenia. OWAMP obsahuje kontrolný protokol na realizovanie aktívnych meracích relácií výkonnosti a skúšobný protokol na prenos aktuálnych skúšobných paketov. OWAMP požaduje len minimálnu meraciu infraštruktúru. Definuje 5 jednotiek, kontrolného klienta, ktorý špecifikuje priebeh skúšky a prenáša túto špecifikáciu pomocou kontrolného protokolu k serveru, tento kontroluje interakciu, ktorá spôsobí, že vysielač relácie a prijímač relácie vyšle paket pomocou skúšobného protokolu v trvaní požadovanom skúškou. Vyvolaný klient potom vyhľadá výsledky skúšky na serveri. Skúšobný protokol umožní presné meranie jednocestného oneskorenia bez vrátane spracovania záhlavia alebo iných neznámych časových prvkov a je navrhnutý tak, aby bol odolný na detekciu a manipuláciu. Spoločné využitie, kontrolného klienta, vyvolaného klienta a vysielač relácie sú v jednom hostiteľovi a server a prijímač relácie sú v inom.

4.1.5 Pasívna meracia metóda

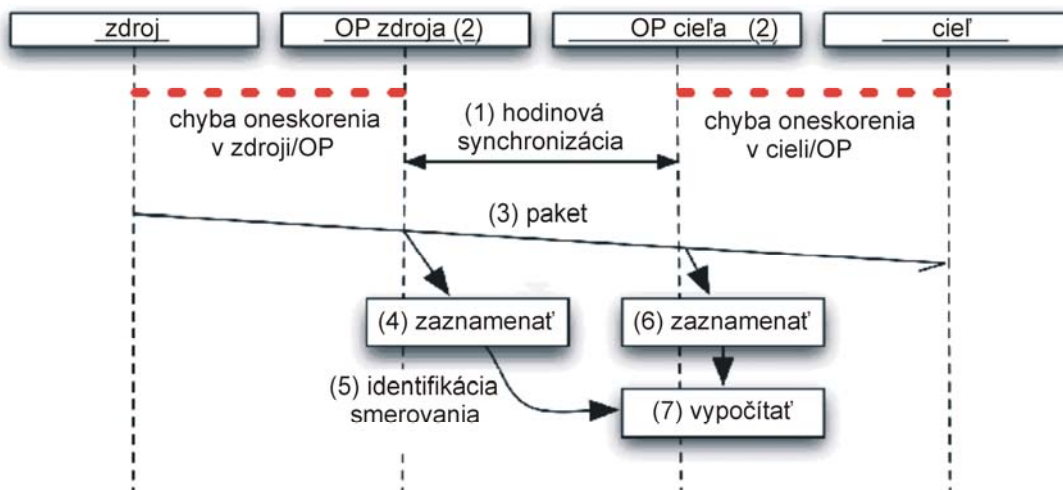
Jednocestné oneskorenie sa môže merať pasívne meraním rovnakého paketu v dvoch bodoch siete a vypočítaním rozdielu medzi časmi príchodu v týchto bodoch. Výpočet tohto ukazovateľa požaduje koreláciu dát viacerých meracích bodov (OP). Rovnaký paket sa rozpozná v rôznych meracích bodoch, to sa môže vykonať použitím nemenných častí záhlavia alebo používateľských dát alebo vypočítaním identifikátorov paketu založenom na nemenných poliach záhlavia alebo obsahu paketu. Použitie identifikátora paketu znižuje množstvo nameraných dát a môže sa jednoducho získať výpočtom CRC alebo hašovacích funkcií. Vhodná hodinová synchronizácia medzi meracími bodmi je dôležitá.

Pasívny postup vykonávania merania jednocestného oneskorenia obsahuje tieto kroky:

- 1) Zdrojový merací bod a cieľový merací bod sú synchronizované.
- 2) Zdrojový a cieľový merací bod sú pripravené merať pakety vyslané z hostiteľa zdroja.
- 3) Hostiteľ zdroja vyšle paket k cieľu na trasu kde je pozorovaný v zdrojovom a cieľovom OP.
- 4) Zdrojový OP pozoruje tento paket, zaznamená časovú pečiatku pozorovania a označí ho.

- 5) Zdrojový OP smeruje informáciu o udalosti pozorovania, napríklad identifikáciou paketu a časovou pečiatkou k cieľovému OP. Táto činnosť sa môže vykonávať v dávkach, bude pozorovaná v určitom špecifickom počte paketov alebo v danom uplynulom časovom intervale.
- 6) Cieľový OP rozpozná paket a zaznamená jeho čas príchodu.
- 7) Jednocestné oneskorenie sa vypočíta ako rozdiel medzi dvomi časmi príchodu. Nie je prísna potreba vykonať túto činnosť v cieľovom OP, piaty hostiteľ (nie je znázornený na obrázku 2) môže takisto vykonávať túto činnosť ak zdrojový a cieľový OP smerujú k nemu informáciu o pozorovanej udalosti.

Tieto kroky sú takisto znázornené na obrázku 2. Červené bodkované čiary na obrázku znázorňujú možné chyby merania oneskorenia, ktoré existujú aj keď existuje rozdiel medzi samotným zdrojom a meracím bodom (OP), ako aj medzi cieľom a cieľovým bodom OP. Odporúča sa umiestniť OP čo najbližšie k zdroju alebo cieľu, v tomto poradí.



Obrázok 2 – Pasívna meracia metóda jednocestného oneskorenia

Treba si všimnúť, že v porovnaní s aktívnym monitorovaním jednocestného oneskorenia, postup na pasívne meranie jednocestného oneskorenia neobsahuje vo výsledkoch čas oneskorenia sériovým prevodom, následkom skutočnosti, že obidva monitorovacie body pracujú ako prijímače paketov. Ak sa porovnávajú výsledky aktívneho a pasívneho merania, potom sa musí uvažovať, ako sa čas sériového prevodu stáva menším v porovnaní s oneskorením siete využívanéj sieťovej technológie s vyššou rýchlosťou sieťových dát.

Protokoly IPFIX [i.12] alebo PSAMP z IETF sa môžu použiť na hlásenie obsahu paketov, hašovania a časových pečiatok do každého pasívneho meracieho bodu, ako je v [i.15]; každé z týchto hlásení sa môže použiť na výpočet jednocestného ukazovateľa podľa terminológie IPPM alebo jednoduchého oneskorenia podľa terminológie ITU-T.

4.2 Oneskorenie v slučke

Oneskorenie v slučke sa používa na meranie predpokladaného času na sieťovú interakciu medzi dvomi hostiteľmi a sieťou; koncepčne, je to ekvivalent oneskorenia v každom smere medzi dvomi hostiteľmi. Oneskorenie v slučke používajú protokoly QoS, citlivé na oneskorenie. ITU-T nedefinuje špecifický ukazovateľ oneskorenia v slučke, ale jeho prístup je vo všeobecnosti kompatibilný s IETF.

4.2.1 Definícia IETF

RFC 2681 [i.6] definuje oneskorenie v slučke jedného datagramu prenášaného na internete a založeného na tom, že definuje ako tento ukazovateľ môže zväčšiť produkciu hodnôt oneskorenia Poissonovho distribučného rozdelenia vyslaných paketov. Nakoniec definuje štatistické údaje založené na získanej sérii hodnôt oneskorenia v slučke, ako sú variačný koeficient, medián, minimálne oneskorenie a inverzný variačný koeficient. Vynecháva definície maximálnych a priemerných štatistických údajov oneskorenia, ale tie budú dodatočne definované. Definície predpokladajú aktívne skúšanie, napríklad explicitný prenos skúšobných paketov; to znamená, že neexistujú hľadiská súkromia týkajúce sa prevádzky používateľských dát. Dokument IETF vyhodnocuje aj možné chyby merania a zdôrazňujú potrebu uviesť neistotu v presnosti merania spolu s výsledkami.

Definície IETF oneskorenia v slučke (RTD) uvádzajú len prvok času vedenia (sériový prevod a prenosové oneskorenie) z celkového času požadovaného na vyslanie paketu späť a ďalej. Naopak, úplný čas prechodu slučkou (RTT) tiež obsahuje oneskorenie koncového systému (ESD): $RTT = RTD + ESD$. NTP napríklad pracuje na základe RTD, ale príkaz ping vráti RTT (hoci ESD – ICMP echo reply je obyčajne veľmi nízke). RFC 3611 [i.20] tiež uvádza špeciálny prípad symetrických trás:

"Ak je oneskorenie v slučke určené, RTD a oneskorenia koncového systému priradené k dvom koncovým bodom sú $ESD(A)$ a $ESD(B)$ potom: jednocestné oneskorenie symetrickej hlasovej trasy = $(RTD + ESD(A) + ESD(B))/2$ ".

Ako sa uvádza v RFC 2681 [i.6] človek musí byť všeobecne obozretný, ak používa RTT alebo RTD za predpokladu jednocestného oneskorenia, pretože nastáva možná nepresnosť následkom asymetrického oneskorenia.

4.2.2 Definícia ITU-T

Postup ITU-T neposkytuje priamu definíciu oneskorenia v slučke na paket IP. Naproti tomu sa navrhuje, že ukazovateľ sa môže získať ako súčet dvoch oneskorení prenosu paketu IP.

4.2.3 Porovnanie a odporúčania

Vzhľadom na oneskorenie v slučke len IETF vydalo dokument špecificky prispôbený tomuto ukazovateľu. Definuje proces, ukazovateľ, štatistické údaje a pozornosť na problémy, ak sa vykonáva a vyhodnocuje meranie oneskorenia v slučke. Práca ITU-T zameraná na jednocestné oneskorenie (alebo presnejšie oneskorenie prenosu paketu IP) uvádza, že dvojcestné oneskorenie sa môže neskôr vytvoriť z dvoch meraní jednocestného oneskorenia. V tomto dokumente sa uvádza že tento posledný postup je realizovateľný, ale obsahuje vyššie požiadavky na monitorovanie staníc, špeciálne na časovú synchronizáciu. Časová synchronizácia nie je prísne nevyhnutná pri priamych meraniach RTT, ak jedna stanica len otočí skúšobné pakety alebo ich zopakuje.

Vyhĺasenia vykonané v predchádzajúcom článku o jednocestnom oneskorení vzhľadom na spracovanie dlhodobo oneskorených paketov a ich vplyvu na štatistické údaje oneskorenia sa použijú na meranie oneskorenia v slučke.

4.2.4 Aktívna meracia metóda

Aktívne meranie oneskorenia v slučke definované IETF v RFC 2861 [i.6] požaduje meranie skúšobných paketov prenášaných v oboch smeroch medzi dvomi koncovými bodmi siete a hostiteľa zdroja, ktorý vyšle prvý paket a hostiteľa cieľa, ktorý prijme prvý skúšobný paket a v odpovedi vyšle skúšobný paket späť k zdroju. Oneskorenie v slučke sa potom vypočíta ako rozdiel

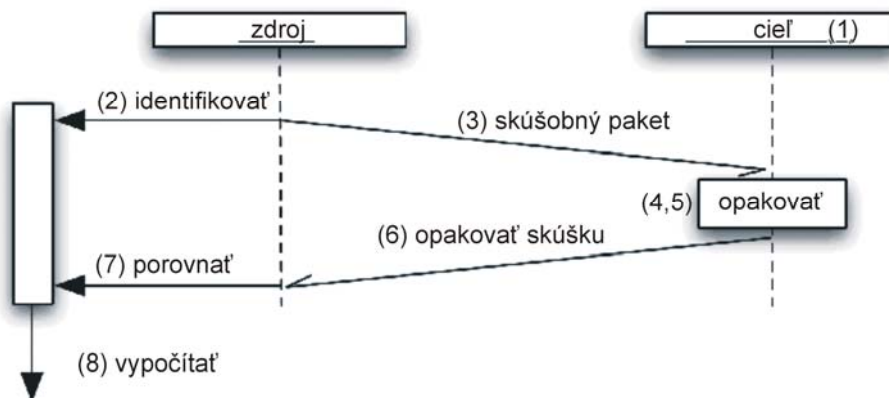
medzi časom, v ktorom sa prijala odpoveď v zdroji a časom, v ktorom sa vyslal pôvodný skúšobný paket. Ako pri jednocestnom oneskorení, meranie uvažuje oneskorenie medzi prenosom prvého bitu odoslaného paketu a prijatím posledného bitu vráteného paketu.

Tieto skúšobné pakety sú identifikovateľné, tak, že zdroj môže priradiť opakovania vyslané zdrojom so skúšobnými paketmi vyslanými zdrojom. Identifikácia každého paketu sa môže priradiť v časovej pečiatke a v iných časových informáciách v zdroji a môže tiež obsahovať informáciu o svojej časovej pečiatke, v súlade s výpočtom jednoduchého oneskorenia zdroja. Prirodzene, identifikačný systém musí umožniť viacnásobné skúšobné pakety a opakuje ich v rovnakom čase v súlade s meraním reálnych variantov merania oneskorenia.

Postup merania oneskorenia v slučke je nasledujúci:

- 1) Hostiteľ cieľa je pripravený opakovať skúšobné pakety vyslané z hostiteľa zdroja.
- 2) Hostiteľ zdroja vytvára identifikovateľný skúšobný paket a zaznamenáva akúkoľvek informáciu potrebnú na výpočet času v slučke z informácie o identifikácii paketu. Skúšobný paket môže mať dodatočné polia používateľských dát alebo záhlavia súvisiace so simuláciou vlastností reálnej prevádzky.
- 3) Hostiteľ zdroja vyšle skúšobný paket k hostiteľovi cieľa.
- 4) Hostiteľ cieľa prijme skúšobný paket..
- 5) Hostiteľ cieľa vytvorí skúšku opakovania paketu obsahujúceho informáciu o identifikácii späť k hostiteľovi zdroja. Opakovaný skúšaný paket môže mať dodatočné polia používateľských dát alebo záhlavia v súlade so simuláciou vlastností reálnej prevádzky. Oneskorenie sa musí minimalizovať, ak je to známe, môže sa vyslať späť k hostiteľovi zdroja, možno v spoji s opakovaným paketom, v súlade s umožnením hostiteľa cieľa spracovať oneskorenie s jeho uvažovaním pri meraní v slučke.
- 6) Hostiteľ cieľa vyšle opakovaný skúšaný paket späť k hostiteľovi zdroja.
- 7) Hostiteľ zdroja prijme opakovaný skúšobný paket z hostiteľa cieľa. Ak hostiteľ cieľa neprijal opakovaný skúšobný paket v prijateľnom časovom intervale, paket sa považuje za stratený a oneskorenie v slučke sa považuje za nedefinované.
- 8) Hostiteľ zdroja vypočíta oneskorenie v slučke z prijatého opakovaného skúšobného paketu a zaznamená informácie spojené s informáciou o identifikácii skúšobného paketu. Hostiteľ zdroja vypočíta oneskorenie odčítaním času, v ktorom hostiteľ zdroja vyslal skúšobný paket od času, v ktorom hostiteľ zdroja prijal opakovaný skúšobný paket, ak je možné upravený na spracovanie oneskorenia v hostiteľoch zdroja a cieľa.

Kroky 2 až 8 sa môžu opakovať pri viacnásobnom meraní oneskorenia v slučke.



Obrázok 3 – Aktívna metóda merania dvojcestného oneskorenia

IETF definoval protokol dvojcestného aktívneho merania TWAMP [i.23] na meranie v slučke. TWAMP je podstatné rozšírenie v IPPM – OWAMP s ukazovateľom oneskorenia v slučke. Ako OWAMP, TWAMP obsahuje kontrolný protokol na realizáciu aktívnych relácií na meranie výkonnosti a skúšobný protokol na prenos aktuálnych skúšobných paketov. TWAMP definuje štyri jednotky, kontrolného klienta, ktorý špecifikuje priebeh skúšky a prenáša túto špecifikáciu pomocou kontrolného protokolu k serveru; táto kontrolovaná interakcia potom spôsobí, že si vysielač relácie a reflektor relácie vymenia pakety v skúšobnom protokole v trvaní požadovanom skúškou. Skúšobný protokol umožní presné meranie dvojcestného oneskorenia bez obsiahnutého spracovania záhlavia alebo iných neznámych časových prvkov. Na spoločné využitie, kontrolný klient a vysielač relácie sú v jednom hostiteľovi s server a reflektor relácie sú v inom. Nepoužíva sa vyvolaný klient ako v QWAMP, pretože výsledky sú merateľné vo vysielači relácie.

Treba si všimnúť, že postup definovaný v tomto článku je aproximovaný vyslaním datagramu ICMP Echo Request z jedného hostiteľa iného a meranie času do prijatia zodpovedajúceho datagramu ICMP Echo Replay, tento postup sa označuje ping po všeobecnom obslužnom programe Unix, ktorý ho implementoval. Tento postup je nepresný, neuvažuje sa na spracovanie neznámeho oneskorenia na vzdialenom hostiteľovi alebo na rozdielne spracovanie medzi paketmi ICMP a paketmi IP prítomnými v mnohých smerovačoch a ako taký sa neodporúča.

4.2.5 Pasívna meracia metóda

Postup pasívneho merania oneskorenia v slučke je podobný aktívnemu meraniu: paket sa vyšle zo zdroja k cieľu, tento paket spôsobí v celi vyslanie paketu späť k zdroju a pakety sú identifikované v zdroji v súlade s koreláciou každého paketu v slučke v súlade s vypočítaným oneskorením. Existujú dve možné architektúry; jedna využíva merací bod (OP) zdroja umiestnený topologicky bližšie k zdroju prevádzky a druhá využíva ďalší OP cieľa umiestnený topologicky bližšie k cieľu prevádzky.

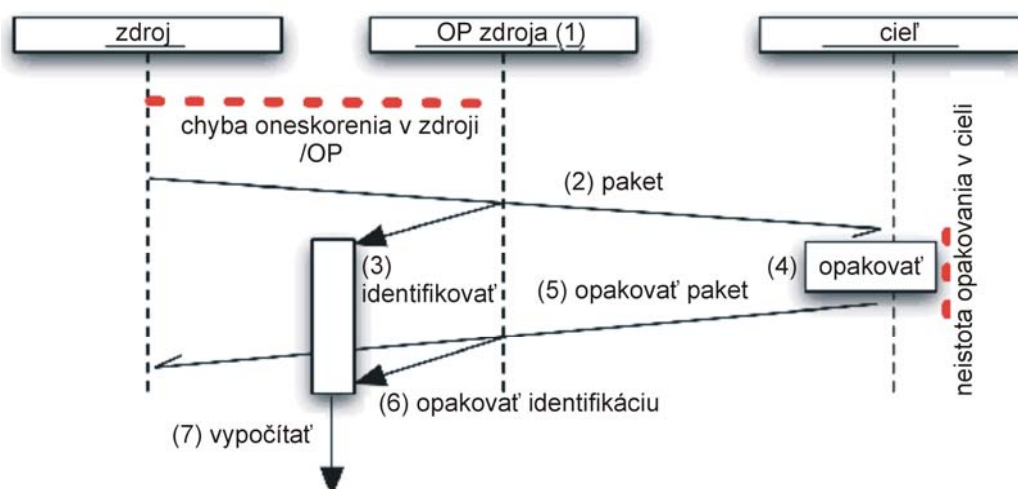
Postup aktívneho merania v čl. 4.2.4 sa môže upraviť na pasívne meranie dvojcestného oneskorenia v jednom OP:

- 1) OP zdroja je pripravený merať pakety vyslané z hostiteľa zdroja a opakovať vyslanie k hostiteľovi zdroja.
- 2) Hostiteľ zdroja vysiela pakety k cieľu.
- 3) OP zdroja meria tento paket a identifikuje ho, na výpočet oneskorenia sa použije ukladanie informácie potrebnej na rozpoznanie opakovaného paketu a časovej pečiatky. Informácia o identifikácii obsahuje zdrojovú a cieľovú adresu, protokol transportnej vrstvy, porty transportnej vrstvy (ak sa používajú) a informáciu záhlavia aplikačnej vrstvy podľa

protokolu, ako je postupnosť TCP alebo čísla potvrdenia, dopyty a odpovede DNS apod. OP zdroja v tomto bode začína čakať na opakovanie paketu.

- 4) Hostiteľ cieľa prijíma paket vyslaný z hostiteľa zdroja a spracuje ho. Existuje časová neistota, či hostiteľ cieľa bude čakať pred vyslaním opakovania, ktoré sa mení podľa informácie transportnej a aplikačnej vrstvy použitej na identifikáciu opakovania v kroku 2. Napríklad či čísla postupnosti a potvrdenia sú zodpovedajúce, hostiteľ cieľa môže čakať do 500 ms podľa RFC 1122 [i.24] pred vyslaním potvrdenia.
- 5) Hostiteľ cieľa vysiela opakovanie, vyslaním paketu k hostiteľovi zdroja.
- 6) OP zdroja meria a identifikuje opakovaný paket. Ak hostiteľ zdroja neprijme skúšobný opakovaný paket v prijateľnom čase, paket sa považuje za stratený a oneskorenie v slučke sa považuje za nedefinované.
- 7) OP zdroja vypočíta oneskorenie v slučke z prijatého paketu a opakuje paket. OP zdroja vypočíta oneskorenie odčítaním času, v ktorom OP zdroja prijal paket, od času, v ktorom OP zdroja prijal opakovaný paket. OP zdroja predpokladá oneskorenie opakovania v hostiteľovi cieľa ako aj oneskorenie medzi hostiteľom zdroja a OP zdroja.

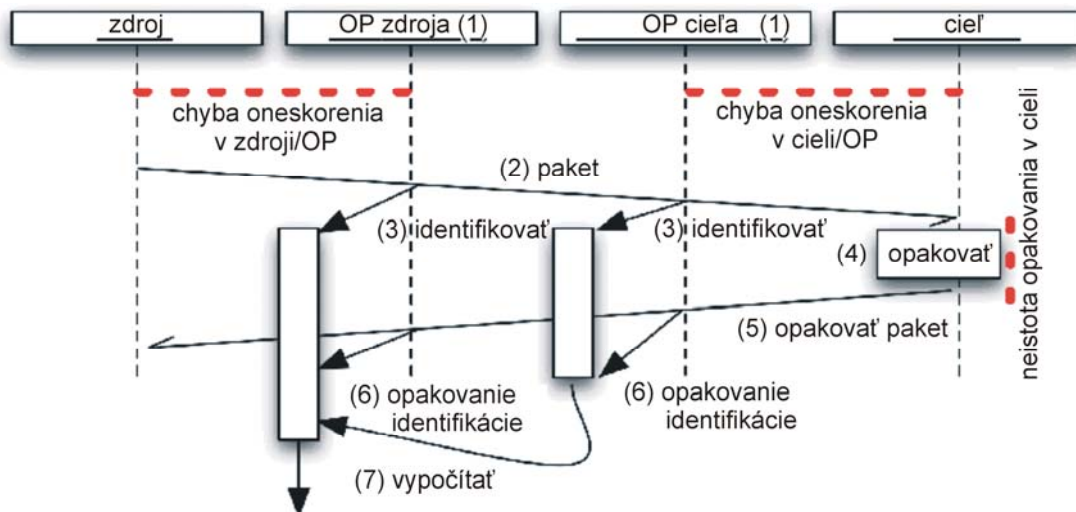
Táto metóda je znázornená na obrázku 4.



Obrázok 4 – Metóda pasívneho merania dvojcestného oneskorenia v jednom OP

Pretože táto metóda pripúšťa veľkú neistotu pri predpoklade oneskorenia opakovaného paketu v cieľi, je odporúčaná len v prípadoch kde je požadovaný jeden OP. Pridaním druhého OP bližšie k cieľu, sa môže znížiť neistota v oneskorení v hostiteľovi cieľa. Obidva OP zdroja aj cieľa identifikujú rovnaký paket a opakujú ho, a OP cieľa vyšle časový rozdiel medzi meraním paketu a opakovaním späť k OP zdroja. Ak táto metóda nemôže rozlišovať oneskorenie opakovania od sieťového oneskorenia medzi cieľom a OP cieľa, umožní časová slučka na vedení medzi OP zdroja a OP cieľa merať presne.

Táto metóda je znázornená na obrázku 5.



Obrázok 5 – Metóda pasívneho merania dvojcestného oneskorenia s dvomi OP

Treba si všimnúť, že od definície oneskorenia v slučke je tak jednoduchší súčet jednocestných oneskorení, oneskorenie v slučke podľa definície ITU-T sa môže tiež pasívne merať kombináciou pasívne nameraného ukazovateľa jednocestného oneskorenia podľa článku 4.1.5. Pozornosť je potrebné venovať druhej (alebo vrätenej) vzorke každého ukazovateľa ako meracie body v doprednom a spätnom smere prepínajú úlohy pri oneskorení v opačnom smere.

4.3 Zmena oneskorenia paketu IP/zmena oneskorenia paketu IP medzi koncovými bodmi dvojbodového spojenia

Zmena oneskorenia sa používa na meranie v postupnosti hodnôt oneskorenia v čase, a používa sa na QoS v protokoloch ktoré využívajú alebo požadujú relatívne konštantné oneskorenie. Výsledky týchto postupov ITU-T a IETF nie sú priamo porovnateľné, podrobnosti sú uvedené v tomto článku.

4.3.1 Definícia IETF

V RFC 3393 [i.9] (ukazovateľ zmeny oneskorenia paketu IP – ukazovateľ výkonnosti IP, IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metric) zmena oneskorenia paketu IP IPDV je prezentované ako rozdiel medzi jednocestným oneskorením dvoch následných paketov z vybraných paketov v toku na internetových trasách. Definícia sa spolieha na objasnenie výberovej funkcie F definujúcej jednoznačne ukazovateľa v dvoch vybratých paketoch v toku paketov.

Presnejšie RFC 3393 [i.9] definuje jednocestné IPDV z hostiteľa zdroja k hostiteľovi cieľa na dvoch typoch paketov P vybraných funkciou výberu F, ako rozdiel medzi hodnotou jednocestného oneskorenia z hostiteľa zdroja k hostiteľovi cieľa v čase T_2 a hodnotou jednocestného oneskorenia z hostiteľa zdroja k hostiteľovi cieľa v čase T_1 . T_1 je čas príchodu na vedenie, v ktorom hostiteľ zdroja vyslal prvý bit prvého paketu a T_2 je čas opustenia vedenia, v ktorom hostiteľ zdroja vyslal prvý bit druhého paketu. Tento ukazovateľ je odvodený z ukazovateľa jednocestného oneskorenia.

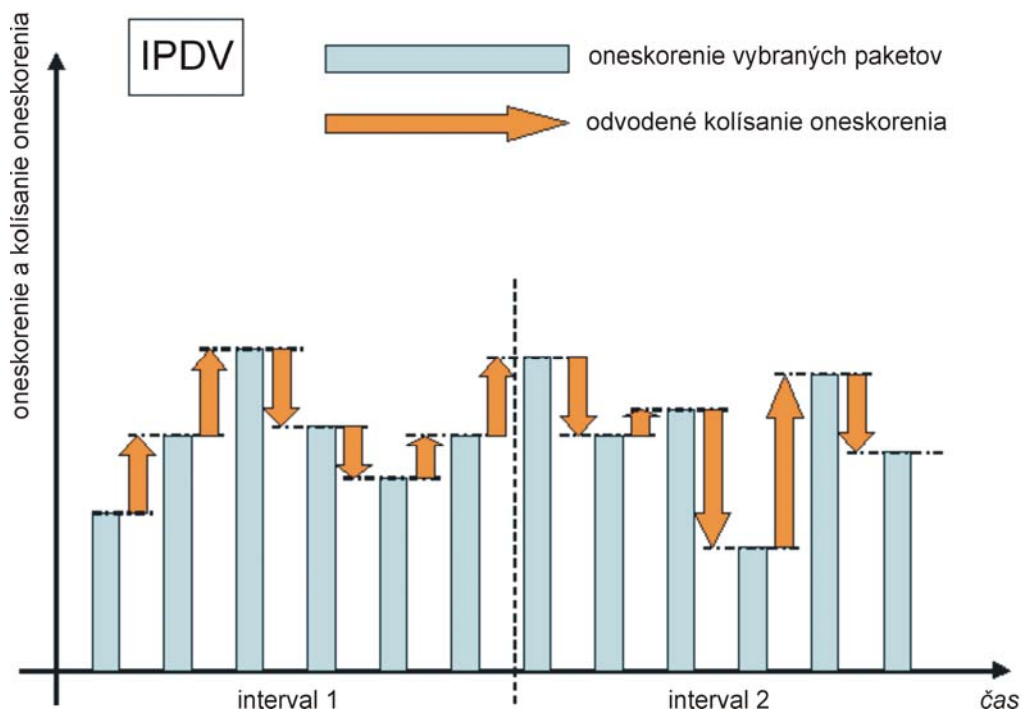
Oficiálne, jednocestné IPDV z hostiteľa zdroja k hostiteľovi cieľa v T_1 , T_2 sa rovná reálnemu číslu ddT , ak hostiteľ zdroja vyslal dva pakety, prvý v čase na vedenie T_1 (prvý bit) a druhý v čase na vedenie T_2 (prvý bit) a pakety boli prijaté hostiteľom cieľa v čase na vedení dT_1+T_1 (posledný bit prvého paketu), a v čase na vedení dT_2+T_2 (posledný bit druhého paketu), a $dT_2-dT_1=ddT$ [i.9].

Jednocestné IPDV z hostiteľa zdroja k hostiteľovi cieľa v T1, T2 nie je definované, ak hostiteľ zdroja vyslal prvý bit paketu v T1 a prvý bit druhého paketu v T2 a hostiteľ cieľa neprijal jeden alebo obidva pakety.

Treba si všimnúť, že meranie zmeny oneskorenia jednocestného paketu IP potrebuje tok najmenej dvoch paketov. Účelom funkcie výberu je špecifikovať presne, ktoré dva pakety z toku ohraničené dvomi intervalmi koncových bodov a sú použité na merania jednocestného paketu. Príklady funkcie výberu sú:

- následné pakety v špecifikovanom intervale;
- pakety so špecifickými ukazovateľmi v špecifickom intervale;
- pakety s minimálnym a maximálnym jednocestným oneskorením v špecifickom intervale;
- pakety so špecifickými ukazovateľmi z nastavenia všetkých definovaných (napríklad neohraničené) jednocestne oneskorené pakety v špecifickom intervale.

Obrázok 6 znázorňuje ako sú navzájom závislé oneskorenie a IPDV:



Obrázok 6 – Závislosť IPDV od oneskorenia paketu

4.3.2 Definícia ITU-T

V odporúčaní ITU-T Y.1540 [i.1] (Internet Protocol Data Communication Service – IP Packet Transfer And Availability Performance Parameters) zmena oneskorenia paketu IP medzi koncovými bodmi dvojbodového zapojenia IPDV je definované na základe meraní zodpovedajúcich príchodov paketov IP na vstupných a výstupných meracích bodoch.

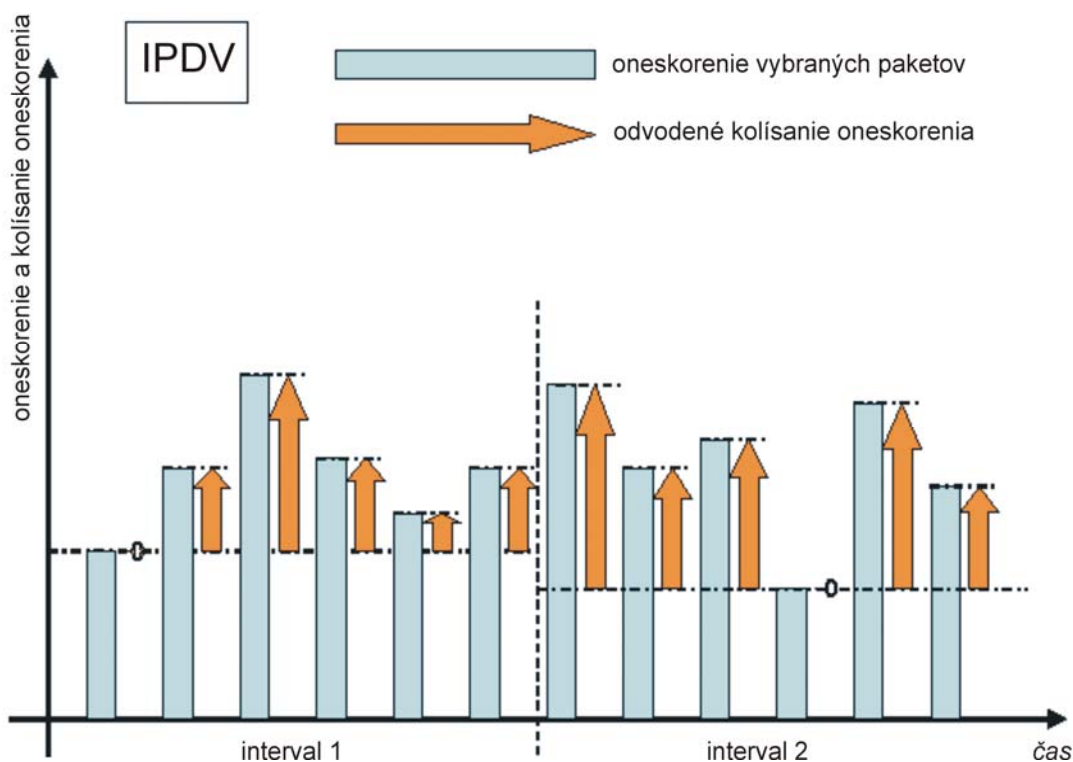
"Zmena oneskorenia paketu medzi koncovými bodmi dvojbodového spojenia (v_k) cez paket k IP medzi hostiteľom zdroja a hostiteľom cieľa, kde je rozdiel medzi absolútnym oneskorením prenosu

paketu IP (x_k) a definovaného referenčného oneskorenia prenosu paketu IP, $d_{1,2}$, medzi rovnakými meracími bodmi: $v_k = x_k - d_{1,2}$ [i.1]."

Referenčné oneskorenie prenosu paketu IP, $d_{1,2}$, medzi hositeľom zdroja a hositeľom cieľa môže byť absolútne oneskorenie prenosu paketu IP predpokladané prvým paketom IP medzi dvomi meracími bodmi alebo akýmkoľvek iným fixným oneskorením paketu.

Kladné hodnoty IPDV medzi koncovými bodmi dvojbodového spojenia zodpovedá skôr vyššiemu oneskoreniu prenosu paketu IP, akotomu predpokladanému referenčným paketom IP, záporné hodnoty IPDV dvojbodového spojenia IPDV zodpovedá nižšiemu oneskoreniu prenosu paketu, akopredpokladanému referenčným paketom. Rozdelenie IPDV dvojbodového spojenia je identické s rozdelením absolútneho oneskorenia prenosu paketu IP zobrazeného konštantnou hodnotou rovnajúcou sa $d_{1,2}$.

Zmena oneskorenia jednotlivého paketu je prirodzene definované ako rozdiel medzi aktuálnym oneskorením predpokladaným paketom a referenčným oneskorením. Použitie minimálneho oneskorenia ako referenčného je teraz základná definícia zmeny oneskorenia paketu v odporúčaní ITU-T Y.1540 [i.1]. V tomto prípade zmena oneskorenia všetkých paketov je nulové alebo kladné, čo zjednodušuje analýzu v rozsahu zmeny oneskorenia. Použitie priemerného oneskorenia alebo oneskorenia prvého paketu meracieho intervalu je možné, ale neodporúča sa. Obrázok 7 znázorňuje závislosť oneskorenia PDV, ak sa použije ako referenčné minimálne oneskorenie.



Obrázok 7 – Závislosť PDV od oneskorenia paketu

4.3.3 Porovnanie a odporúčania

V RFC 3393 [i.9] sa predpokladá, že tok paketov typu P sa generuje podľa Poissonovho rozdelenia.

Dôsledok Poissonovo vzorkovania je, že zaisťuje objektívne a jednotné rozdelenie vzorkovania v čase medzi intervalom koncových bodov. Alternatívne vzorkovacie metódy sú možné. Napríklad je možné spojité vzorkovanie toku konštantnou bitovou rýchlosťou (napríklad, periodický prenos paketov). Hoci v tomto prípade je potrebné zamedziť akémukoľvek vplyvu "aliasing", ktoré môže vzniknúť s periodickými vzorkami, napríklad rozličnou vzorkovacou fázou každého meracieho intervalu.

Metodika merania znázornená v RFC 3393 [i.9] obsahuje určenie zmeny oneskorenia paketu IP v reálnom čase ako súčasť aktívneho merania. Teda IETF považuje IPDV ako ukazovateľ meraný pomocou aktívnej metodiky.

Pozornosť sa musí venovať meraniam zmeny oneskorenia, ak pochádza z rozdelení veľkosti paketu, pretože jednocestné oneskorenie obsahuje čas prevodu na sériový tvar paketu ((IETF a ITU). Oneskorenie dlhého paketu môže spôsobiť zmenu od krátkeho paketu, jednoducho, pretože potrebuje viac času na umiestnenie dlhého paketu na vedenie. RFC 3393 [i.9] požaduje rovnakú veľkosť paketov na meranie zmeny oneskorenia.

Na záver, je potrebné si všimnúť, že činitele, ktoré ovplyvňujú meranie jednocestného ukazovateľa zmeny oneskorenia paketu IP, sú rovnaké, ako tie ovplyvňujúce meranie jednocestného oneskorenia:

- chyby/neistoty následkom neistôt hodín hostiteľa zdroja a cieľa;
- chyby a neistoty následkom rozdielu medzi časom nameraným na hostiteľovi a meracom bode siete.

Odporúčanie ITU-T Y.1540 [i.1] tiež predstavuje dve alternatívne metódy na porovnanie zmeny oneskorenia predpokladanej vzorky paketov:

Prvá metóda je vopred špecifikácia intervalu zmeny oneskorenia a potom sledovanie percentuálnych zmien oneskorenia jednotlivého paketu, ktoré padnú do alebo mimo tohto intervalu.

Druhá metóda obsahuje výber horného a dolného intervalu spoľahlivosti rozdelenia zmien oneskorenia a potom meranie rozdielu medzi týmito intervalmi. V odporúčaní ITU-T Y.1540 [i.1] časť 6.2.4.2 sa navrhuje vybrať na meranie 99,9 intervalu spoľahlivosti a potom interval spoľahlivosti (napríklad minimálny), a sledovať rozdiel medzi hodnotami zmeny oneskorenia a týmito dvomi intervalmi spoľahlivosti každého intervalu.

Dve definície zmeny oneskorenia paketu IP a zmeny oneskorenia paketu IP medzi koncovými bodmi dvojbodového spojenia tvoria rozdielne štatistické údaje. Pretože hodnoty časových sérií zmeny oneskorenia IETF IPDV a ITU-T sa môže konvertovať medzi sebou a nie sú priamo porovnateľné vzájomne. Použitie výsledkov závisí na použití výsledkov. IPDV je tiež ovplyvnené zoradením hodnôt rozličných oneskorení vo vnútri intervalu, zatiaľ čo PDV nie je. Inak, PDV tiež zaznamenáva maximálny možný rozdiel oneskorenia v intervale, zatiaľ čo IPDV nie.

Napríklad na meranie zmeny oneskorenia sa odporúča veľkosť vyrovnávacích zásobníkov využívaných aplikáciami požadujúcimi spojitú a normálne rozdelenie paketov (napríklad aplikácie VoIP alebo postupné sťahovanie multimédií). Veľkosť takých zásobníkov sa musí určiť podľa merania maximálnej zmeny oneskorenia. Pri dynamickom nastavení veľkosti zásobníka, niektoré vyrovnávajúce zásobníky jitera, tiež používajú druh priemerného skazu na vrchole zmeny oneskorenia na zamedzenie ponechania veľkých zásobníkov dlhú dobu: veľkosť zásobníka = funkcia (vážený činiteľ * (aktuálna veľkosť zásobníka) + (1-váhový činiteľ) * veľkosť zásobníka najnovšieho oneskorenia). Okrem toho, aj keď zmeny oneskorenia sú často následkom zmien stavu zásobníkov v sieti, meranie ukazovateľa zmeny oneskorenia sa môže použiť na pochopenie dynamiky a podmienok takých zásobníkov.

4.3.4 Aktívna meracia metóda

Pretože, obidve definície IETF a ITU-T zmeny oneskorenia používajú postupnosť vzoriek jednocestného oneskorenia alebo merania na základe ukazovateľa zmeny oneskorenia, zmena oneskorenia sa môže merať metódou využívajúcou výsledky aktívneho merania jednocestného oneskorenia podľa čl. 4.1.4.

4.3.5 Pasívna meracia metóda

Ako pri aktívnom meraní, pretože, obidve definície IETF a ITU-T zmeny oneskorenia používajú postupnosť vzoriek jednocestného oneskorenia alebo merania na základe ukazovateľa zmeny oneskorenia, zmena oneskorenia sa môže merať metódou využívajúcou výsledky pasívneho merania jednocestného oneskorenia podľa čl. 4.1.5.

4.4 Jednocestná stratovosť paketov/miera stratovosti paketu IP

Stratovosť paketov uvádza očakávanú pravdepodobnosť, že vysielaný paket dosiahne svoj cieľ a je obyčajne vyjadrený ako percentuálny podiel. Je všeobecne aplikovateľný na viac meraní QoS, ako aj na všeobecné meranie spoľahlivosti doručenia paketu sieťou. Postupy IETF a ITU-T sú všeobecne kompatibilné, dané predpoklady o použití meracích metód, podrobnosti sú uvedené v článku.

4.4.1 Definícia IETF

RFC 2680 [i.5] poskytuje nasledovnú definíciu ukazovateľa jednocestnej stratovosti paketov

"Jednocestná stratovosť paketov paketu typu P z hostiteľa zdroja k hostiteľovi cieľa je 0, ak hostiteľ zdroja vyšle prvý bit paketu typu P k hostiteľovi cieľa v čase na vedení T a hostiteľ cieľa prijal tento paket. Jednocestná stratovosť paketov typu P z hostiteľa zdroja k hostiteľovi cieľa je rovná 1, ak hostiteľ zdroja vyslal prvý bit paketu P k hostiteľovi cieľa v čase na vedení T a hostiteľ cieľa neprijal tento paket."

RFC 2680 [i.5] tiež uvádza definíciu jednocestnej stratovosti paketu k jednocestnému oneskoreniu. Presnejšie určuje, že jednocestná stratovosť paketu je rovná 0 priamo, ak jednocestné oneskorenie predpokladá konečnú hodnotu, hoci konečná hodnota jednocestného oneskorenia zodpovedá jednocestnej stratovosti paketov rovnajúcej sa 1. Ďalej dokument naznačuje potrebu metodiky merania obsahujúcej spôsob rozlíšenia medzi stratovosťou paketov a veľmi veľkým, ale konečným oneskorením. Ako pri meraní oneskorenia, časový prah na určenie poslednej straty paketu sa musí zaznamenať, ako súčasť výsledkov merania.

4.4.2 Definícia ITU-T

Odporúčanie ITU-T [i.1] definuje stratovosť paketov IP (IPLR), ako pomer následku stratených paketov IP k celkovým vyslaným paketom IP na vzorke.

Strata paketov vznikne, ak referenčná udalosť jedného paketu v prípustnom vstupnom meracom bode spôsobí chybu v pakete alebo ak určité alebo celý obsah paketov nespôsobia v žiadnom IP referenčnú udalosť v žiadnom výstupnom meracom bode v špecifikovanom časovom intervale.

Chybne smerovaný paket vznikne, ak referenčná udalosť jedného paketu v prípustnom vstupnom meracom bode spôsobí jednu (alebo viac) odpovedajúcich referenčných udalostí v jednom (alebo viacerých) výstupných meracích bodoch, všetky v špecifikovanom časovom intervale:

- 1) Úplné obsahy pôvodného paketu sledovaného vo vstupnom meracom bode sú zahrnuté v doručenom pakete (paketoch).
- 2) Jeden alebo viac výstupných meracích bodov kde odpovedajúce meracie referenčné udalosti vzniknú, nie sú prípustné výstupné meracie body.

4.4.3 Porovnanie a odporúčania

V RFC 2680 [i.5] opísaná meracia metodika, ktorá výhradne spolieha na použitie skúšobných paketov na meranie jednocestnej stratovosti paketov. Odporúčanie Y.1540 [i.1], namiesto toho znamená, že meranie sa môže vykonávať aktívne alebo pasívne, ale nešpecifikuje v žiadnom prípade, ktorý postup sa musí použiť. Hoci v RFC 2680 [i.5] je daná definícia ukazovateľa jednocestná stratovosť paketov Poissonovho rozdelenia ,One-way-Packet-Loss-Poisson-Stream. Hodnota tohto ukazovateľa je postupnosť zoradená do párov (t, l) , kde t je čas patriaci do pseudonáhodného Poissonovho rozdelenia s mierou λ , ktorej hodnoty spadajú medzi čas začiatku T_0 a koncový čas T_1 , a l je hodnota jednocestnej stratovosti paketov v čase t . Poissonovo rozdelenie sa používa na plánovanie vysielacích časov paketov. Treba si všimnúť, že následkom ovplyvnenia siete, skúšobné pakety všeobecne neprídu k hostiteľovi cieľa podľa Poissonovho rozdelenia.

4.4.4 Aktívna meracia metóda

Jednocestné aktívne meranie stratovosti paketov vždy obsahuje vyslanie skúšobných paketov z vysielateľa k prijímaču paketov vo vopred definovanom vysielacom pláne alebo vzorke; prijímač bude počítat tieto pakety. Obyčajne skúšobný paket obsahuje špecifický obsah vrátane poradových čísel a časovú pečiatku tak, že analýza prijímačom môže byť podrobnejšia. Vysielací plán obyčajne obsahuje priemernú rýchlosť a distribúciu, napríklad skúška vyšle priemerne 10 paketov/s, podľa Poissonovho rozdelenia časovania vysielaných paketov. Tieto špecifikácie skúšky sú súčasťou opisu meraní, v súlade s umožnením správnej interpretácie výsledkov.

Aktívne meranie stratovosti paketov musí umožniť, že skúšobné pakety sú spracúvané ako záujmová prevádzka na pozadí, napríklad vysielala sa s rovnakou kategóriou QoS v prípade, ak je diferenciácia QoS vplyvom siete. Osobitne ICMP Echo Request a Reply Packets nie sú vhodné na aktívne merania, pretože ICMP je často spracovaný v smerovačoch IP v samostatných spracovateľských zásobníkoch alebo softvérom a nie smerovacím hardvérom.

Stratovosť paketov definovaná v RFC 2680 [i.5] sa môže aktívne merať podľa opisu v čl. 4.1.4. OWAMP má vstavanú podporu merania ukazovateľa jednocestnej stratovosti paketu. Na tieto účely je použitá informácia zvnútra skúšobných paketov OWAMP (postupnosť čísel a časových pečiatok). Pri nastavení skúšky a konfigurácie je potrebné uviesť správnu interpretáciu výsledkov skúšok a opakovateľnosť, napríklad potrebu uviesť hodnotu časového dohľadu, po ktorom posledné prichádzajúce pakety sa považujú za stratené, pretože ovplyvnia výsledky merania k niektorým stupňom.

V akomkoľvek prípade, si treba všimnúť, že namerané straty sú presné len v samotnej skúšobnej prevádzke. Vyhlásenie, že tieto straty paketov sa môžu tiež aplikovať v prevádzke na pozadí rovnakého typu (kategória prevádzky, dĺžka paketu apod.). Používa sa, ale zavádza úroveň neistoty do vyhlásenia, ktorá sa môže odstrániť len s viacerými skúšobnými paketmi. Rýchlosť a objem skúšobnej prevádzky sa musí vybrať tak, že vplyv na prevádzku na pozadí je zanedbateľná touto dodatočnou prevádzkou. Vhodný kompromis sa musí nájsť v danej sieti a skúšobnom prostredí.

4.4.5 Pasívna meracia metóda

Pasívne meranie jednocestnej stratovosti paketov sú možné len, v prípade viacbodového merania alebo merania prevádzky, z ktorej stratovosť paketov sa môže usúdiť z polí vyššej vrstvy záhlavia. V oboch prípadoch je dôležité zaistiť, že všetky pakety záujmu prejdú meracím bodom. V prvom postupe smerovače alebo meracie snímače na trase prevádzky záujmu sú riadené k filtru a čítaču paketov. Periodicky, snímače exportujú čítače podľa toku a rozdiely na trase sa môžu porovnať v súlade s výpočtom a lokalizáciou stratovosti paketov.

Druhý postup je možný s jedným meracím bodom, ale len na protokoly, ktorých záhlavie paketu má určité polia umožňujúce odôvodnenie preskočených, stratených alebo opakovane prenesených paketov. V tomto prípade sa môže využiť číslo postupnosti TCP alebo číslo postupnosti aplikácie, ako je RTP. Na túto metódu existujú dva možné zdroje nepresnosti. Prvá nepresnosť je, že tieto merania môžu len odrážať stratovosť paketov nameranú meracím snímačom alebo medzi snímačmi a nemusia odrážať presne stratu spôsobenú koncovými systémami meranej prevádzky, pretože tieto snímače stratovosti sú umiestnené v sieti a nie priamo vedľa vysielateľa a prijímateľa prevádzky. Treba si všimnúť, že požadované predpoklady o meraných protokoloch nemusia platiť následkom implementovaných verzií protokolu.

Pasívne meranie stratovosti paketov sa môže merať meraním jednocestného oneskorenia v čl. 4.1.5 a brať do úvahy akýkoľvek paket s prijateľným nekonečným oneskorením za stratený.

4.5 Pripojiteľnosť/dostupnosť služby IP

Pripojiteľnosť alebo dostupnosť služby je meranie predpokladanej pravdepodobnosti, že jeden hosťiteľ môže dosiahnuť iného a je všeobecne použiteľné v mnohých meraniach QoS, je to všeobecné meranie spoľahlivosti prenosu relácie siete. Postupy IETF a ITU-T sú všeobecne kompatibilné, podrobnosti o daných predpokladoch o použitých meracích metódach sa uvádzajú v tomto článku.

4.5.1 Definícia IETF

RFC 2678 [i.3] definuje ukazovatele, ktoré umožnia definovať úroveň pripojiteľnosti medzi dvomi hosťiteľmi A1 a A2. Začína definíciou n analytického ukazovateľa, nazvaného jednocestná okamžitá pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Instantaneous-Unidirectional-Connectivity, definuje jednocestnú pripojiteľnosť v jednom časovom okamihu. Tento ukazovateľ je zdokonalený názorom dvojcestnej pripojiteľnosti (v jednom časovom okamihu) a neskôr pripojiteľnosťou v určitom časovom intervale. Každý ukazovateľ sa doručí ako výsledok Booleovej veličiny, ktorá stanoví či sa dosiahla alebo nedosiahla želaná úroveň pripojiteľnosti. Metodika predpokladaného posledne definovaného ukazovateľa, nazvaného dočasný interval pripojiteľnosti typu paketu P1-P2, Type-P1-P2-Interval-Temporal-Connectivity je uvedený v RFC 2678 [i.3]. Táto metodika predpokladá náhodne distribuovaný čas začiatku vysielania snímača paketu vo vybranom časovom intervale. RFC 2678 [i.3] tiež znázorňuje ako sa použije táto skúšobná metóda na kontrolu pripojiteľnosti TCP.

V [i.3]: sú uvedené tieto definície:

"jednocestná okamžitá pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Instantaneous-Unidirectional-Connectivity: Src má *Type-P-Instantaneous-Unidirectional-Connectivity* k Dst v čase T ak paket typu-P sa vysiela zo Src k Dst v čase T príjde k Dst."

"dvojcestná okamžitá pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Instantaneous-Bidirectional-Connectivity: Adresy A1 a A2 majú *dvojcestná okamžitá pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Instantaneous-Bidirectional-Connectivity* v čase T ak adresa A1 má

jednocestnú okamžitú pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Instantaneous-Unidirectional-Connectivity k adrese A2 a adresa A2 má jednocestnú okamžitú pripojiteľnosť paketu typu P Type-P-Instantaneous-Unidirectional-Connectivity k adrese A1."

"jednocestná intervalová pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Interval-Unidirectional-Connectivity: Adresa Src má *jednocestnú intervalovú pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Interval-Unidirectional-Connectivity* k adrese Dst počas intervalu $[T, T+dT]$ ak v určitých T' v $[T, T+dT]$ má okamžitú pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-instantaneous-connectivity k Dst."

"dvojcestná intervalová pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Interval-Bidirectional-Connectivity: Adresy A1 a A2 majú *dvojcestnú intervalovú pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Interval-Bidirectional-Connectivity* medzi nimi počas intervalu $[T, T+dT]$, ak adresa A1 má jednocestnú intervalovú pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Interval-Unidirectional-Connectivity k adrese A2 počas intervalu adresa A2 má jednocestnú intervalovú pripojiteľnosť paketu typu P, Type-P-Interval-Unidirectional-Connectivity k adrese A1 počas intervalu"

"dočasná intervalová pripojiteľnosť paketov typu P1-P2, Type-P1-P2-Interval-Temporal-Connectivity: Adresa Src má *dočasnú intervalovú pripojiteľnosť paketov typu P1-P2, Type-P1-P2-Interval-Temporal-Connectivity* k adrese Dst počas intervalu $[T, T+dT]$ ak existujú časy $T1$ a $T2$, a časové intervaly $dT1$ a $dT2$, také ako:

- $T1, T1+dT1, T2, T2+dT2$ sú všetky v $[T, T+dT]$;
- $T1+dT1 \leq T2$;
- V čase $T1$, Src má Type-P1 trvalú pripojiteľnosť k Dst;
- V čase $T2$, Dst má Type-P2 trvalú pripojiteľnosť k Src;
- $dT1$ je čas určený na paket typu P1 vyslaný Src v čase $T1$ po príchod k Dst;
- $dT2$ je čas určený na paket typu P2 vyslaný Dst v čase $T2$ po príchod k Src.

4.5.2 Definícia ITU-T

„Dostupnosť služby IP“ sa definuje v kapitole 7 odporúčania ITU-T Y.1540 [i.1]. Je založená na vzniku stratovosti paketov (IPLR), nameranej ako percento stratených paketov v časovom intervale. Ak počas tohto časového intervalu percento strát je nižšie ako určitá vybraná úroveň c_1 potom služba dostupná v tomto časovom intervale, je takisto dostupná. Vo výsledkoch dostupnosti (áno/nie) následných časových intervalov, dokument definuje percentuálny podiel (ne)dostupnosti:

"percento nedostupnosti služby IP (PIU): percento celkového plánovaného času služby IP (percento intervalov T_{av}), ktoré je kategorizované ako nedostupné pomocou funkcie dostupnosti služby IP.

Percento dostupnosti služby IP (PIA): percento celkového času služby IP (percento intervalov T_{av}), ktoré je kategorizované ako dostupné pomocou funkcie dostupnosti služby IP: $PIA = 100 - PIU$ ".

Odporúčanie ITU-T Y.1540 [i.1] navrhuje predbežnú hodnotu c_1 75 %. Uvažujú sa aj iné hodnoty (90 %, 99 %). Časový interval, T_{av} , je súbor predbežne v trvaní do 5 minút. Dodatok VII v

odporúčaní ITU-T Y.1540 [i.1] sa zaoberá odôvodnením týchto hodnôt. Dostupnosť je tu predovšetkým definovaná ako jednocestná, ale dvojcestná definícia sa môže jednoducho odvodiť z tejto definície. Dodatočne je určené, že *"kvantitatívny vzťah medzi dostupnosťou služby medzi koncovými bodmi a dostupnosťou služby IP základnej sekcie alebo NSR sa naďalej študuje"*. To znamená, že skúšajúci stále môže rozhodnúť sám, ktorý prah je prijateľne vybraný tejto aplikácie, tak, že „dostupnosť služby IP = pravdivá“ znamená akceptovateľnú kvalitu služby medzi koncovými bodmi. V akomkoľvek prípade zdroj a cieľ skúšobných paketov, ako aj samotné skúšobné pakety (typ, dĺžka a obsah) sa musia dokumentovať vo výsledkoch merania so správnou interpretáciou.

4.5.3 Porovnanie a odporúčania

Dokument IETF RFC 2678 [i.3] definuje analyticky pripojiteľnosť ako úspešný prenos jedného paketu v danom čase alebo v danom intervale. Tiež dvojcestné ukazovatele sú definované na základe úspešného prenosu paketov v danom smere. Ale návrh nešpecifikuje ani akékoľvek odvodené ukazovatele, ktoré sa môžu vypočítať z výsledkov „mať/nemať pripojiteľnosť“ v mnohých meracích intervaloch, napríklad počas dňa.

Odporúčanie ITU-T Y.1540 [i.1], kapitola 7 definuje "dostupnosť služby" v jednom intervale ako stratovosť IP (IPLR) v tomto intervale pod pevne vopred definovaným prahom c_1 . Tento prah sa musí spoľahlivo zvoliť na zamýšľanú určenú službu (napríklad, prenos reči s kódovaním X). Opačne IETF tiež definuje odvodený ukazovateľ, nazvaný „percento (ne)dostupnosti služby IP“, ktorá vyznačuje časť meracích intervalov kde IPLR bolo pod (alebo nad) prahom. Tento ukazovateľ sa môže použiť na diferencovanú hodnotu (nie len nesprávny alebo správny) dostupnosti služby v dlhšej časovej perióde, vyrovnaný do viacnásobných meracích intervalov.

Žiadny z obidvoch dokumentov nešpecifikuje akúkoľvek navrhovanú veľkosť trvania meracieho intervalu, ani nenavrhuje početnosť skúšania alebo typ paketu na skúšanie.

Definícia IETF postačuje vyhlásiť možnosť akéhokoľvek prenosu dát medzi hosťiteľom zdroja a hosťiteľom cieľa v prípadoch: napríklad, smerovania IP, neblokovanie skúšobnej prevádzky firewalom, s možným obmedzením horného limitu prenosového času. Pri rešpektovaní ukazovateľov definovanej pripojiteľnosti môže len obsahovať "dosiahnuteľnosť", ale nie vytvorenie pripojiteľnosti do akejkoľvek špecifickej aplikačnej služby medzi dvomi hosťiteľmi.

Definícia ITU-T dosahuje tento ukazovateľ z pohľadu aplikačnej vrstvy. Definuje "dostupnosť služby IP" záväzne založenej na akceptovateľnej úrovni stratovosti paketu IP. Neberie ohľad na iné obmedzenia aplikácie kvôli všeobecnej užitočnosti, napríklad dostatočne priepustnú šírku pásma medzi hosťiteľom zdroja a cieľa. Teda definovaný ukazovateľ nemôže garantovať vhodnú priepustnosť služby.

Porovnanie definície ITU-T dáva diferencovaný pohľad na užitočnosť prenosových vlastností medzi dvomi hosťiteľmi a tiež definuje odvodené ukazovatele (percento priepustnosti služby IP), ktoré umožní vykonať vyhlásenie na dlhodobu monitorovanú službu. Dvojcestná priepustnosť služby nie je definovaná ITU-T, ale môže sa jednoducho odvodiť.

Odporúča sa naďalej študovať rozšírenie smerom k priepustnosti dvojcestnej služby v ITU-T a študovať použiteľnosť postupu prahu priepustnosti ITU-T v ukazovateľoch IETF.

4.5.4 Aktívna meracia metóda

Ako ITU-T dostupnosť služby IP je definovaná výrazom stratovosť paketov, sa môže určiť aktívne meraním jednocestnej stratovosti pomocou OWAMP a potom výpočtom dostupnosti podľa definície v článku 4.5.2. Podľa RFC 2678 [i.3]: pripojiteľnosť, okamžitá jednocestná pripojiteľnosť sa môže merať pomocou OWAMP, a okamžitá dvojcestná pripojiteľnosť cez TWAMP. Interval ukazovateľa pripojiteľnosti sa potom môžu vypočítať z okamžitých ukazovateľov.

4.5.5 Pasívna meracia metóda

Dostupnosť služby IP v ITU-T definovaná výrazom stratovosť paketov, sa môže určiť pasívne meraním stratovosti paketov podľa článku 4.4.5, a potom vypočítaním dostupnosti podľa definície v článku 4.5.2. Podľa RFC 2678 [i.3]: pripojiteľnosť, pasívna meracia metóda oneskorenia je potrebná, s meracími bodmi blízko každého koncového bodu na meranie pripojiteľnosti medzi nimi. Okamžitá jednocestná pripojiteľnosť sa môže merať meraním jedného paketu prechádzajúceho v jednom smere a okamžitá dvojcestná pripojiteľnosť meraním jedného paketu v každom smere. Interval ukazovateľa pripojiteľnosti sa môže vypočítať z okamžitých ukazovateľov.

5 Iné ukazovatele

Nasledujúce ukazovatele sa tiež všeobecne používajú v meraniach QoS siete.

5.1 Objem dát a paketov

Počítanie objemu dát a paketov ako najzákladnejšia úloha monitorovania nie je normalizovaná vzhľadom na jej zrozumiteľnosť. Len pascou môže byť otázka či počítať počet bajtov každého paketu začínajúceho na fyzickej vrstve, vrstve MAC/LCC alebo sieťovej vrstve IP. Obyčajne účtovanie v sieťach IP počíta len dĺžku datagramu IP (napríklad, objem dát prenášaných na sieťovej úrovni), pretože dĺžka záhlaví druhej vrstvy sa môže meniť medzi dvomi rozličnými monitorovacími stanicami na trase toku paketov a teda meraný objem dát na vrstve MAC/LCC môže byť rôzny. Pretože na plánovanie siete je užitočnejšie tiež začleniť do započítaného objemu dát bajty záhlaví v druhej vrstve. Počítanie dokonca extra bitov na synchronizáciu rámca fyzickej vrstvy (preambula Ethernet) je prísne nezvyčajné. IETF sa zameriava len na počítanie objemu paketov začínajúcich na sieťovej úrovni, napríklad používa sa veľkosť datagramu IP (záhlavie + používateľské data IP). IETF tiež normalizovalo v rozličných dokumentoch RFC mnoho aspektov ako spracovať (uložiť, vyslať, pripojiť, zabezpečiť) počítané dáta.

5.2 Zmena poradia paketov

Zmena poradia paketov nastane, ak datagramy prídu v obrátenom poradí ich pôvodných vyslaní z vysielača. Obyčajne sa môže rozlišovať medzi preskupením paketov vnútri toku a medzi všetkými tokmi medzi vysielačom a cieľovou prevádzkou. Preskupenie paketov vo vnútri toku je obyčajne známkou poruchy firmvéru, hardvéru alebo zásobníka IP vysielača alebo prijímača prevádzky smerujúcich pakety. Preskupenie paketov medzi tokmi je obyčajne známkou vyváženého aktívnej záťaže alebo funkcií ako, napríklad viacnásobné smerovanie s rovnakými nákladmi aktívnymi v sieti. Norma IETF podľa dokumentu RFC 4737 [i.11] definuje analytické ukazovatele na vyhodnotenie či sieť udržiava alebo mení poradie paketov. Tieto ukazovatele umožnia vytvárať kvalitatívnu a kvantitatívnu zhodu o úrovni zmeny poradia paketov. Rozličné možné ukazovatele na definovanie sú prezentované a porovnávané. Ďalšie definované ukazovatele kvantifikujú početnosť zmeny poradia paketov a odstup medzi samostatnými výskytmi.

5.3 Priepustnosť šírky pásma, dostupná šírka pásma a využitie

Tieto ukazovatele definujú atribúty spoja na sieťovej úrovni a trasy, ktoré opisujú ako mnoho dát spoj/trasa poskytujú svojou technickou štruktúrou a ako veľa z nich (absolútne alebo relatívne) pri meraní sa nepoužíva v danom čase. Dokument IETF RFC 5136 [i.21] poskytuje definíciu výrazov "priepustnosť" a "dostupná priepustnosť" vzhľadom na prenos prevádzky IP medzi zdrojom a cieľom v sieti IP. Poskytuje zjednotené názvoslovie na jednoduchšie správne zostavenie skúšky a používa metódy a nástroje zostavené na tieto konštrukcie s vytváraním porovnateľných výsledkov, ak sa použijú v rovnakých situáciách v sieti.

Dokument poskytuje spoločnú štruktúru na diskusiu a analýzu aktuálnych a budúcich predpokladaných metód na uvedené ukazovatele. Špeciálne, dokument definuje tieto ukazovatele: "priepustnosť spoja", "priepustnosť trasy" (prevádzka medzi viacnásobne prepojenými spojmi), "využitie spoja" (týka sa aktuálnej prevádzky v časovom intervale), "využitie spoja" (časť využitej priepustnosti), "dostupnú priepustnosť spoja" (časť nevyžitej priepustnosti), a "dostupnú priepustnosť spoja" (minimálna voľná priepustnosť vo viacnásobných spojoch). Tiež porovnanie

ukazovateľa veľkokapacitného transportu BTC (Bulk Transfer Capacity) je uvedené v tomto dokumente.

Hoci využitie nie je samostatný ukazovateľ QoS, má význačnú koreláciu s ukazovateľmi QoS popísanými v článku 4 a ak to spôsobuje zvýšenie úzkeho profilu šírky pásma súboru spojov, môže sa použiť ako indikátor monitorovania QoS s požiadavkami na oneskorenie tesnejšie, aj keď neúmerne oneskorenia a alebo stratovosť paketov môžu vzniknúť častejšie.

5.4 Veľkokapacitný transport

Veľkokapacitný transport (BTC) je ukazovateľ schopnosti siete prenášať veľké množstvo dát pomocou transportného spojenia informovaného o jednotlivých nepriechodnosti (napríklad TCP) s typickými aplikáciami ako sú činnosti sťahovania FTP a HTTP alebo prenos dát medzi partnermi. Predvídaný výsledok merania BTC predpokladá dlhodobú priemernú dátovú rýchlosť (bit/s) jednej ideálnej implementácie TCP v skúšanej sieťovej trase, ktorú môže dosiahnuť aplikácia.

Ukazovateľ BTC dokument RFC 3148 [i.7] definuje "štruktúru na normalizáciu ukazovateľov viacnásobného BTC, ktorá paralelne umožňuje výber transportu." Tento postup je potrebný, pretože špecifikácia IETF na riadenie nepriechodnosti (RFC 2581 [i.22]) umožňuje významný výber na praktickú realizáciu algoritmu kontroly nepriechodnosti TCP. RFC 3148 [i.7] pomáha vypočítať porovnateľné výsledky s BTC pri rozličných implementáciách TCP. Ďalej čas v dni, deň v týždni a vplyvy z využívania rozličnej prevádzky (napríklad použitie integrovaných služieb (RFC 1633 [i.26] a RFC 2216 [i.27]), alebo diferencovaných služieb) v sieti sa musí uvažovať, ak sa vyhodnocujú výsledky merania BTC. BTC je podľa RFC 5136 [i.21] časť 3.5 "porovnanie veľkokapacitného transportu (BTC)", kde dokument poskytuje poznámky o rozdieloch medzi definíciami BTC a inými ukazovateľmi priepustnosti.

5.5 Vzorky stratovosti paketov

Dokument RFC 3357 [i.8] nazvaný "ukazovatele jednocestnej stratovosti charakteristickej vzorky, One-way Loss Pattern Sample Metrics" je zameraný na definovanie ukazovateľov a ich implementáciu na meranie stratovosti paketov rozličných vzoriek. Definuje dva odvodené ukazovatele "odstup stratovosti" and "perióda stratovosti", a súvisiace štatistické údaje, ktoré spolu zaznamenávajú stratovosť vzoriek, predpokladanú v tokoch paketov v internete. Dokument najskôr definuje charakteristiky ako stratovosť zhluku, odstup stratovosti a periódu stratovosti, a na týchto sú založené dva nové ukazovatele nazvané jednocestná stratovosť v intervale toku paketu typu P, Type-P-One-Way-Loss-Distance-Stream a jednocestná stratovosť v periodickom intervale toku paketu typu P, Type-P-One-Way-Loss-Period-Stream. Tieto ukazovatele výrazne odrážajú tiež rozdelenie a zhlukovosť stratovosti paketov, v porovnaní so základnou definíciou stratovosti v RFC 2680 [i.5].

Na doplnenie, návrh IETF "draft-venna-ippm-app-loss-metrics-01", ktorý je v stave návrhu, zameriava definíciu ukazovateľov stratovosti v aplikačnej vrstve, hlavne na audiovizuálne aplikácie s protokolom komunikácie v reálnom čase (RTP), napríklad aplikácie postupného sťahovania videa alebo hlas cez IP (VoIP). Definuje:

"Dva nové ukazovatele nazvané jednocestná úplná stratovosť snímky paketu typu P, Type-P-One-Way-Complete-Frame-Loss a jednocestné prijaté čiastočnej snímky paketu typu P, Type-P-One-Way-Partial-Frame-Received na poskytovanie lepšieho pochopenia vplyvov stratovosti paketov na aplikačnej vrstve. Štatistický údaj jednocestné porušené sekundy paketu typu P, Type-P-One-Way-Errored-Seconds je odvodený z uvedených ukazovateľov na výpočet vplyvu stratovosti paketov na aplikačnej vrstve."

5.6 Ukazovatele hlásené RTCP

RFC 3550 [i.25] znázorňuje formát protokolu vysielajúceho paketu RTCP, Sender Report RTCP Packet, ktorý prenáša tieto ukazovatele aplikačnej vrstvy:

- **počet paketov vysielajúceho (sender's packet count)**, ktorý meria celkový počet paketov RTP vyslaných vysielajúcom od začiatku prenosu až do času keď je generovaný paket protokolu vysielajúceho, sender report;
- **počet oktetov vysielajúceho (sender's octet count)**, ktorý sa týka celkového počtu oktetov používateľských dát vysielaných v dátových paketoch RTP vysielajúcom od začatia prenosu až do času kým nie je generovaný paket „protokol vysielajúceho, sender report“;
- **strata frakcie (fraction lost)**, je časť dátového paketu RTP zo strany špecifického zdroja od vyslania predchádzajúceho protokolu vysielajúceho alebo protokolu prijímača;
- **kumulatívny počet stratených paketov (cumulative number of packet lost)**, predstavuje celkový počet dátových paketov RTP zo špecifického zdroja, ktoré sa stratili od začatia príjmu. Presnejšie, je to počet paketov s predpokladaným menším číslom paketov aktuálne prijatých, kde počet prijatých paketov obsahuje akékoľvek oneskorené alebo zdvojené;
- **vstupný jitter, (interarrival jitter)**, je definovaný ako priemerná odchýlka rozdielu odstupe paketov na prijímači v porovnaní s vysielajúcom pri páre paketov. Iný význam, vstupný jitter je rozdiel relatívneho prechodového času dvoch paketov, kde relatívny prechodový čas je rozdiel medzi časovou pečiatkou paketu RTP a hodinami prijímača v čase príchodu, nameraný v rovnakých jednotkách. Ak S_i je časová pečiatka RTP paketu i , a R_i je čas príchodu v časovej pečiatke RTP paketu i , potom páru paketov i a j sa vstupný jitter D môže vyjadriť vzťahom:

$$D(i,j) = (R_j - R_i) - (S_j - S_i) = (R_j - S_j) - (R_i - S_i)$$

- oneskorenie od posledného hlásenia vysielajúceho, čo je oneskorenie vyjadrené v jednotkách 1/65 536 sekúnd medzi prijatím posledného paketu protokolu vysielajúceho zo špecifického zdroja a vyslaním protokolu o prijatí..

Iné a podrobnejšie ukazovatele toku na aplikačnej vrstve sú v RFC 3611 [i.20], kde je definovaný typ paketu zdokonaleného protokolu (XR) riadenia RTP (RTCP). Paket XR obsahuje záhlavie dvoch 32 bitových slov, nasledované číslom pravdepodobne nula, blokov zdokonaleného hlásenia. Protokol bloku sumárnych štatistických údajov obsahuje navyše štatistické údaje v porovnaní s informáciami prenášanými v štandardnom paketovom formáte RTCP. Osobitne sú uvedené tieto ukazovatele:

- počet stratených paketov;
- počet zdvojených paketov;
- minimálny jitter, je minimálny relatívny prechodový čas medzi dvomi paketmi. Všetky hodnoty jittera sú namerané ako rozdiel medzi časovou pečiatkou paketu RTP a hodinami prijímača v čase príchodu, merané v rovnakých jednotkách;
- maximálny jitter, je maximálny relatívny prechodový čas medzi dvomi paketmi;
- priemerný jitter, týka sa priemerného relatívneho prechodového času medzi každými dvomi sériami paketov;

- odchýlka jittera, je štandardná odchýlka relatívneho prechodového času medzi každými dvomi sériami paketov.

Protokol skupiny ukazovateľov, VoIP Metrics Report Block poskytuje ukazovatele pri monitorovaní volaní hlasom cez IP (VoIP). Tieto ukazovatele obsahujú:

- stratovosť paketov, napríklad časť dátových RTP paketov zo zdroja stratená od začiatku príjmu;
- početnosť vyradenia, napríklad časť dátových paketov RTP zo zdroja, ktoré boli vyradené od začiatku príjmu, následkom oneskoreného alebo skoršieho príchodu následkom podtečenia alebo pretečenia prijímacieho zásobníka jittera;
- oneskorenie v slučke, je časová slučka medzi rozhraniami RTP;
- oneskorenie koncového systému, ktoré je definované ako súčet celkovej akumulovanej vzorky a oneskorenia kódovaním súvisiaceho s vysielačím smerom a zásobníkom jittera, dekódovaním a oneskorením vyrovnávajúceho zásobníka jittera v prijímacom smere.

6 Prehľad dôležitých normalizačných orgánov a pracovných skupín na výkonnosť siete

V tomto článku sú zhrnuté súvisiace normy iných meraní výkonnosti siete, ktoré sú stručne opísané a poskytujú sa odkazy na dôležité dokumenty. V tomto článku nie sú zahrnuté normatívne dokumenty IETF alebo ITU-T, ktoré opisujú ukazovatele alebo meracie metódy priamo dôležité k predmetu tohto dokumentu ako sa už diskutovali predtým.

6.1 IETF

6.1.1 Pracovná skupina IPPM (ukazovatele výkonnosti IP)

Cieľom IPPM WG je navrhnúť súbor štandardných ukazovateľov, ktoré sa použijú na kvalitu, výkonnosť a spoľahlivosť služieb doručenia dát v internete. Tieto ukazovatele sú navrhnuté tak, že ich môžu vykonávať prevádzkovatelia siete, koncoví používatelia alebo nezávislé skúšobné skupiny. Je dôležité, že ukazovatele nepredstavujú hodnotu názoru (napríklad definujú „dobré“ a „zle“), ale skôr poskytujú objektívne kvantitatívne merania výkonnosti.

Cieľom WG v navrhnutom protokole je umožniť komunikáciu medzi skúšobnými zariadeniami, ktoré implementujú jednocestné ukazovatele. Zámerom je vytvoriť protokol, ktorý poskytuje základnú úroveň funkčnosti, ktorá umožní spolupracovať zariadeniam rozličných prevádzkovateľov, ktoré implementovali ukazovatele podľa normy. WG bude tiež navrhovať MIB na vyhľadanie výsledkov ukazovateľov IPPM, takých ako jednocestné oneskorenie a stratovosť, na napomáhanie komunikácie ukazovateľov k existujúcim sieťovým riadiacim systémom.

6.1.2 Pracovná skupina IPFIX (export informácie o toku IP)

Protokol IPFIX [i.12] špecifikuje ako exportovať informáciu o prevádzkovom toku mimo smerovačov, sieťových meracích snímačov alebo iných zariadení na ďalšie spracovanie aplikáciami umiestnenými v iných zariadeniach. Jedna z cieľových aplikácií protokolu IPFIX je monitorovanie QoS určenej na neintruzívne sledovanie prenosovej kvality jedného toku alebo prevádzku agregovanú v sieti v prípade overenia garancie QoS v zmluve o úrovni služby (SLAs) [i.15].

V protokole IPFIX, šablóna obsahuje páry (typ, dĺžka) špecifikujúce, ktoré (hodnota) polia vyhovujúce forme sú prítomné v dátových záznamoch, čo dáva veľkú pružnosť podľa toho aké dáta sa prenášajú. Aj keď sa vyššie záznamy veľmi zriedka v porovnaní s dátovými záznamami, tieto spôsobia výrazné významné šetrenie šírky pásma.. Rozličné záznamy dát sa môžu prenášať jednoducho vyslaním nových šablón špecifikujúcich páry (typ, dĺžku) na nový dátový formát dátových záznamov a šablón sú prenášané cez transportný protokol majúci prehľad o nepriechodnosti z IPFIX exportujúci procesy k procesu zbierania k IPFIX.

Model informácie IPFIX [i.14] definuje veľký počet štandardných informačných prvkov, ktoré poskytujú potrebné informácie (typ) na šablónu. Použitie štandardných informačných prvkov umožňuje interoperabilitu medzi implementáciami rozličných výrobcov. V budúcnosti sa zoznam štandardných prvkov môže rozšíriť. Ďalej, nespolupracujúce podnikové špecifické prvky sa môžu definovať na privátne použitie.

Architektúra exportu informácie o nameranom toku IP z exportéra IPFIX ku kolektoru sú definované tak, že ukazovatele nepredstavujú hodnotu názoru (napríklad definujú „dobré“ a „zle“) podľa prípadov použitia uvedených v [i.18]. Na záver, [i.15] opisuje aký typ aplikácií sa môže

použiť protokol IPFIX a ako sa môžu použiť poskytnuté informácie. Ďalej je znázornené ako rámec IPFIX súvisí s inými architektúrami a rámcami.

6.1.3 Pracovná skupina PSAMP (vzorkovanie paketov)

Pracovná skupina IETF vzorkovanie paketov (PSAMP) bola autorizovaná "definovať štandardný súbor vlastností sieťových prvkov vzorkovania podsúborov paketov štatistickými a inými metódami." Ciele obsahujú pripravené metódy vzorkovania a algoritmy exportovania ich vlastností. V týchto činnostiach sa musí uvažovať o rýchlosti spoja a sú zamerané na podporu širokého rozsahu meracích aplikácií.

Práca tejto skupiny obsahuje špecifikácie činností na vykonávanie výberu paketov (jednak štatistického alebo deterministického), na špecifikáciu podľa algoritmu, aké parametre je potrebné konfigurovať a zaznamenávať a špecifikovať príslušné protokoly. Pracovná skupina PASMP pracuje v tesnom spojení s IPFIX WG a má, po určitých priebežných stanoviskách vybrať prijatie protokolu IPFIX na hlásenie konfigurácie vzorkovania dát (napríklad vybraný protokol na zaznamenávanie konfigurácie vzorkovaných dát (vybraný algoritmus a vybrané parametre). Na tento účel pracovná skupina PSAMP poskytuje nové informačné prvky IPFIX vo svojom informačnom modeli.

Konečným cieľom je mať súbor veľmi dobre pochopených metód vzorkovania, čo znamená vykonávať a zaznamenávať výsledky vzorkovania na aplikácie jednak umiestnených v nich alebo mimo nich. Ďalej, WG pracuje na definovaní vzorkovača paketov, MIB je umiestnená v sieťovom prvku, ktorý obsahuje parametre na výber paketu, na zaznamenanie paketu a formát toku na export. MIB umožňuje diaľkové vstupy na konfiguráciu vzorkovača a sledovanie jeho činnosti zapisovania/čítania MIB.

6.2 ITU-T

6.2.1 Študijná skupina 12 (výkonnosť a kvalita služby)

Študijná skupina 12 v ITU-T, je vedúca študijná skupina na výkonnosť a kvalitu služby (QoS), jej úloha významne narastá s príchodom komerčných VoIP, paketových sietí a koncových zariadení budúcej generácie.

So zákazníkmi očakávajúcimi QoS tradičných komunikačných služieb je dôležitá schopnosť merať nové parametre ako stratovosť paketov a jitter a poznať ich vplyv na používateľa. Teda súčasná činnosť SG12 obsahuje niekoľko nových a revidovaných noriem na plánovanie a využívanie sietí IP.

Aktuálne horúce témy obsahujú návrh softvérových pomôcok, ktoré umožnia modelovanie možných konfigurácií sietí /koncových zariadení a predpoklad vplyvu súvisiacich poškodení na používateľa. Navrhol sa model na prognózu kvality hlasu, ďalej pokračujú práce na modeloch na širokopásmový prenos reči a multimédií. SG tiež začalo prácu v iných oblastiach potrebných na zavedenie QoS, ako sú hlasité komunikácie vo vozidlách a služby založené na hlasovej technológii.

SG12 je zodpovedná za odporúčania výkonnosti prenosu koncových zariadení a sietí medzi koncovými bodmi, v súvislosti s prijatou kvalitou a akceptovanie textových, dátových, rečových a multimediálnych aplikácií používateľom. Hoci táto práca obsahuje súvisiace prenosové implikácie všetkých sietí a všetkých telekomunikačných koncových zariadení a špeciálne zameranie je na QoS v IP, interoperabilitu a implikácie NGN a tiež obsahuje prácu na riadení výkonnosti a prostriedkov.

6.2.2 Študijná skupina 15 (optické a iné transportné sieťové infraštruktúry)

Študijná skupina je vytvorená pre normy na DSL. Navrhuje aj optický prístup a zbernicové technológie.

Hlavným záujmom pre mnohých prevádzkovateľov je maximalizovať priepustnosť siete v účastníckej prípojke (medzi ústredňou a stranou účastníka). Normy SG 15 na DSL predstavujú jeden spôsob ako napomôcť tomuto cieľu.

Menej dôverné, ale rovnako dôležité sú normy SG 15 (odporúčania ITU-T) na pasívne optické siete (PON). PON je efektívny spôsob implementácie vlákna do domácností/budovy a pod. a dôležitý vo všetkých optických sieťach. SG 15 tiež predstavujú vedúcu úlohu v rozvoji noriem v návrhu noriem na zbernice vrátane hlavnej normy na synchronný prenos dát v optických sieťach, synchronnú digitálnu hierarchiu (SDH). Ďalej SG 15 navrhuje automatické prepínacie optické siete (ASON). ASON poskytuje rýchlu a spoľahlivú aktiváciu služby k platformám služieb, ako sú prepínače a smerovače.

SG 15 sa zameriava na návrh noriem na optické a iné prenosové sieťové infraštruktúry, systémy, zariadenia, optické vlákna a odpovedajúce technológie v kontrolnej rovine, na umožnenie vývoja smerom k inteligentným transportným sieťam. Obsahuje vývoj príslušných noriem pre zákazníka, prístup, veľkomestskú a diaľkovú časť komunikačných sietí.

Príloha A: Literatúra

- ITU-T Recommendation Y.1541: "Internet protocol aspects - Quality of service and network performance Network performance objectives for IP-based services".
- IETF RFC 3432: "Network performance measurement with periodic streams". V. Raisanen, G. Grotefeld, A. Morton. November 2002.
- IETF RFC 3763: "One-way Active Measurement Protocol (OWAMP) Requirements". S. Shalunov, B. Teitelbaum. April 2004.
- IETF RFC 4148: "IP Performance Metrics (IPPM) Metrics Registry". E. Stephan. August 2005.
- ITU-T Recommendation G.810 (08/96): "Definitions and terminology for synchronization networks".
- ITU-T Recommendation I.356: "B-ISDN ATM layer cell transfer performance".
- Baek-Young Choi, Sue Moon, Rene Cruz, Zhi-Li Zhang, Christophe Diot, "Practical delay monitoring for ISPs", Proceedings of the 2005 ACM conference on Emerging network experiment and technology, October 24-27, 2005, Toulouse, France.
- I. Bilinskis and A. Mikelsons, "Randomized Signal Processing", Prentice Hall International, 1992.
- Papoulis, A. "Bernoulli Trials." §3-2 in Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, pp. 57-63, 1984.
- K. Claffy, G. Polyzos, and H-W. Braun, "Application of Sampling Methodologies to Network Traffic Characterization," Proc. SIGCOMM '93, pp. 194-203, San Francisco, September 1993.

História

História dokumentu		
V1.1.1	December 2009	Publikovanie
V1.1.2	Júl 2010	Publikovanie