



Č e s k ý t e l e k o m u n i k a č n í ú ř a d

se sídlem Sokolovská 219, Praha 9

poštovní přihrádka 02, 225 02 Praha 025

**Metodika pro měření a vyhodnocení datových
parametrů pevných komunikačních sítí**

(Metodický postup)

29.06.2016

Verze 1.0.0

1 Účel metodiky a obecná ustanovení

1.1 Cíl a použití metodiky

Tato „Metodika pro měření a vyhodnocení datových parametrů pevných komunikačních sítí“, dále jen „Metodika“, slouží jako metodický postup pro měření a vyhodnocování parametrů pevných či semi-pevných (např. bezdrátových sítí s pevným předávacím rozhraním) komunikačních sítí – a to z hlediska přístupu koncového uživatele k síti Internet, popřípadě i k dalším službám. Metodika navazuje především na dokumenty [1], [2], [3], [4], [5] a dále upřesňuje konkrétní postupy měření a vyhodnocování naměřených dat. Veličiny, postupy a výpočty uvedené v dokumentech [1], [2] platí, pokud není v této Metodice uvedeno (upřesněno) jinak.

1.2 Definice pojmů

1.2.1 Měřicí zařízení (terminál)

Měřicím zařízením se rozumí terminál s příslušným měřicím softwarem, který je schopen provádět měření dle této Metodiky a jehož výpočetní a síťový výkon je natolik vysoký, že samotné měřicí zařízení výsledky měření žádným způsobem negativně neovlivňuje. Toto zařízení musí být schopno během měření sledovat a zaznamenávat klíčové a podpůrné měřené parametry definované v kap. 1.2.5 a kap. 1.2.6, exportovat je ve standardizovaném formátu vhodném pro strojové či jiné vhodné zpracování a následně přenést takto získaná data na měřicí server či uchovat v interní paměti. Další potřebné náležitosti související s měřením jsou uvedeny v kap. 1.3.2.

1.2.2 Měřicí server

Měřicí server je zařízení připojené k síti Internet, které slouží jako protistrana pro testy prováděné měřicím zařízením (terminálem), konkrétně u parametrů A: Download, B: Upload a C: Delay, které jsou definované v kap. 1.2.5. Výpočetní výkon, velikost paměti, disková kapacita a rychlost připojení k síti Internet měřicího serveru musí být natolik vysoké, aby výsledky měření nebyly žádným způsobem negativně ovlivněny. Na měřicím serveru je připravené úložiště pro veškerá data získaná při měření dle této Metodiky. Dále je k dispozici aplikace, která je schopna provádět statistické či jiné další zpracování těchto dat. Další potřebné náležitosti jsou uvedeny v kap. 1.3.2. Více k připojení měřicího serveru k Internetu je uvedeno viz kap. 1.3.3.

1.2.3 Měřená komunikační síť

Měřená komunikační síť je taková síť, do které bylo měřicí zařízení (terminál) během měření připojeno (případně zaregistrováno) a jejíž parametry byly dle této Metodiky v daném místě měřeny.

1.2.4 Měřicí interval

Základní jednotkou času při měření dle této Metodiky a zároveň časovým intervalem pro jedno dílčí měření je 1 s. V opodstatněných případech je možné tento interval upravit, a to především v těch situacích, kdy není možné či rozumné tento interval dodržet. Všechny dále uvedené měřené parametry jsou vyhodnocovány (popř. průměrovány) vždy za jeden měřicí interval a to na konci měřicího intervalu, pokud není uvedeno jinak. V případě, že jedno konkrétní měření trvalo déle než 1 měřicí interval (kontinuální měření) se výsledky měření rozdělí do jednotlivých časových intervalů.

1.2.5 Klíčové měřené parametry

V souladu s [1] a [2] je primárním cílem měření získat níže uvedené parametry pro vyhodnocení kvality služby přístupu k síti Internet. Všechny dále uvedené parametry platí pro jedno měřicí zařízení.

1.2.5.1 Parametr A: Data transmission speed – Downstream (Download)

Datová přenosová rychlost ve směru od měřicího serveru připojeného k síti Internet směrem ke koncovému uživateli, vyjádřená nejčastěji v Mbit/s.

1.2.5.2 Parametr B: Data transmission speed – Upstream (Upload)

Datová přenosová rychlost ve směru od koncového uživatele směrem k měřicímu serveru připojeného k síti Internet, vyjádřená nejčastěji v Mbit/s.

1.2.5.3 Parametr C: Round-trip time

Zpoždění přenosu datového paketu od účastníka (jedno měřicí zařízení, jedna přístupová karta) k měřicímu serveru a zpět u služby přístupu k síti Internet, vyjádřené nejčastěji v ms, označované také jako round-trip time (RTT).

1.2.5.4 Parametr D: Přesná pozice měřicího terminálu

Pozice (zeměpisná šířka a délka) získaná pomocí GPS přijímače v během měření či poloha manuálně určená obsluhou.

1.2.5.5 Parametr E: Přesný čas měření

Datum a čas (s přesností minimálně na sekundy) začátku a konce jednotlivých sekvencí měření.

1.2.5.6 Parametr F: Měřicí rozhraní a informace o měřicím terminálu

Nezbytné je i zjištění a zaznamenání údajů jednoznačně identifikujících měřicí rozhraní, které bylo v době měření připojené k měřené komunikační síti. Dále pak jaké konkrétní rozhraní a technologie byly pro přenos dat využity, včetně uvedení parametrů přenosu, či jiné informace, které jsou pro pozdější zpracování relevantní.

V souladu s [2] je pro měření parametrů A a B použit primárně TCP protokol, jehož detailní nastavení je uvedeno v kap. 1.3.1 a pro měření parametru C pak ICMP protokol. V případě nemožnosti použít protokol ICMP bude volen náhradní způsob měření dle [2], popř. jiný dostupný způsob. Parametry A, B, C jsou měřeny vůči měřicímu serveru provozovanému v síti ČTÚ, viz kap. 1.2.2. Pro získání parametru D a E je použit interní či externí GPS modul použitého měřicího terminálu. Pokud není GPS modul dostupný, je pro určení času možné využít vnitřní hodiny terminálu a pro určení polohy zadat polohu měření manuálně. Parametr F musí poskytovat přímo měřicí terminál, ve výjimečných případech lze tyto údaje i vyplnit obsluhou do měřicího protokolu či jiného záznamu o měření (např. se může jednat o situace, kdy je pro měření nutné využít externí převodník rozhraní, apod.).

1.2.6 Podpůrné měřené parametry

Během měření je možné získávat (viz kap. 2.1) a zaznamenávat další parametry měřené komunikační sítě a měřicího zařízení, které slouží především pro následné vyhodnocování výsledků měření a možnost dalšího zpracování (viz. kap. 2.2).

1.3 Náležitosti nezbytné při provádění měření

1.3.1 Nastavení TCP protokolu

TCP protokol je stěžejním protokolem pro měření parametrů A: download a B: upload. O měření pomocí tohoto protokolu je obecně pojednáno v [2]. V rámci této Metodiky je postup upřesněn pro měření pevných komunikačních sítí.

Nastavení TCP protokolu má na výsledky měření zásadní vliv a je třeba mu věnovat značnou pozornost.

Důležitý je výpočet potřebné velikosti vyrovnávací paměti (BS = buffer size) a velikosti okna přijímače (RWND = Receiver Window) ať už na straně měřicího terminálu (pro měření parametru A: download), nebo na straně měřicího serveru (pro měření parametru B: upload), popř. na obou stranách – paralelní měření obou parametrů, popř. střídané měření obou parametrů.

Jako příklad uveďme, že pro předpokládanou maximální přenosovou rychlost 100 Mbit/s při poměrně vysokém RTT 50 ms je třeba mít nastaven parametr BS a RWND minimálně na 8 MB, aby samotné nastavení TCP protokolu nelimitovalo měřenou přenosovou rychlost. Tato hodnota platí v případě, že by pro měření bylo využito pouze jedno TCP spojení.

V souladu s [2] lze využít i více (x) paralelně běžících TCP spojení pro jedno měření. Každé dílčí TCP spojení pak bude mít nastaveno menší hodnoty BS a RWND (děleno právě parametrem x). Jako příklad uveďme, že pokud za výše uvedených podmínek je pro jedno TCP spojení vypočítáno BS a RWND jako 512 kB, lze stejné propustnosti dosáhnout za pomoci osmi (8) paralelních TCP spojení s BS a RWND pouze 64 kB. Tato hodnota může být výhodnější, či snáze dostupná. Před využitím této varianty je však třeba ověřit, že je možné otevřít potřebný počet TCP spojení.

V případě, že bude zvolen/vypočítán jiný počet TCP spojení, např. s vyšší hodnotou RWND než je 64 kB, je vždy doporučeno využít minimálně tři (3) TCP spojení.

1.3.2 Vybavení měřicího serveru a terminálu pro účely měření dle této Metodiky

Měřicí server i terminál musí být z hlediska software a komunikačních protokolů příslušným způsobem vybaveny tak, aby mohly fungovat jako protistrany pro měření minimálně parametrů A: download a/nebo B: upload a současně/nebo C: delay. Měřicí server bude schopen v daný okamžik obsloužit více probíhajících měření.

1.3.2.1 Komunikační protokol TCP

Prvotním předpokladem úspěšného měření je zajistit, že odesílané pakety nebudou v síti během přenosu fragmentovány, zároveň ale musí mít co největší velikost, jak je uvedeno v [2].

Pro účely jednoho měření parametrů A: download nebo B: upload se mezi měřicím terminálem a měřicím serverem předpokládá až $(x+1)$ otevřených TCP spojení. Celkem x TCP spojení je určeno pro měřený přenos dat, kde x je stanoveno na základě výpočtu odkazovaného v kap. 1.3.1. Poslední TCP spojení představuje servisní kanál, který umožňuje vzdálené řízení parametrů TCP protokolu na straně serveru ze strany klienta, kanál po kterém jsou přenášeny řídicí informace, informace o změřených hodnotách, případných chybách, popř. další nezbytné stavové informace měřicího serveru, které je nutné nastavit/znát před/v průběhu/po ukončení měření.

Měřicí software na měřicím serveru i terminálu musí být schopen otevřít dostatečný počet portů pro požadovaná TCP spojení. Čísla portů musí být volena tak, aby nedošlo k zablokování některého z otevíraných TCP spojení kdekoli v trase mezi měřicím terminálem a měřicím serverem.

Pro měření parametru A: download je potřebné mít na serveru připravený software, který bude umět kontinuálně generovat náhodné bloky dat potřebné velikosti, které bude možné využít jako přenášená data pro měřená TCP spojení. Alternativně lze pro měření parametru A: download použít i připravenou sadu souborů (bloků dat) velké velikosti. Doporučená velikost těchto souborů je 2-10 GB. Software měřicího serveru by měl v tomto případě umět náhodně vybírat soubor ke stažení před zahájením stahování.

V obou výše uvedených případech pro měření parametru A: download určuje průběžně přenosovou rychlost měřicí terminál, a to na úrovni jednotlivých měřicích intervalů. Měřicí terminál úspěšně přijatá data průběžně zahazuje a typicky až po ukončení měření odesílá dosažené výsledky na měřicí server.

Pro měření parametru B: upload je třeba, aby software v měřicím terminálu uměl kontinuálně generovat náhodné bloky dat potřebné velikosti, které bude možné využít jako přenášená data pro měřená TCP spojení. Alternativně lze pro měření parametru B: upload použít předpřipravené soubory (bloky dat) dostatečné velikosti, doporučená velikost těchto souborů 2-10 GB. Software měřicího terminálu by měl v tomto případě umět náhodně vybírat soubor k odeslání před zahájením uploadu.

V obou výše uvedených případech pro měření parametru B: upload určuje průběžně přenosovou rychlost měřicí server, a to rovněž na úrovni jednotlivých měřicích intervalů. Měřicí server úspěšně přijatá data průběžně zahazuje a typicky až po ukončení měření odesílá dosažené výsledky informačně i na daný měřicí terminál.

Přenos náhodných dat nebo souborů při měření parametru A: download i B: upload musí být možno rozdělit až do x TCP spojení. Přenos musí být možné po libovolném počtu měřicích intervalů přerušit, v případě přenesení celého souboru musí být možné plynule pokračovat přenosem jiného souboru. V případě výpadku či přerušení TCP spojení musí být možné přenos obnovit.

Pro účely měření parametru C: Delay musí být měřicí server i terminál vybaveny příslušnými protokoly, především pak protokolem ICMP. Iniciátorem žádosti o odezvu je vždy měřicí terminál a tento i určuje dosaženou hodnotu tohoto parametru a typicky až po ukončení měření odesílá dosažené výsledky za jednotlivé měřicí intervaly na měřicí server.

Pro snazší použití je požadováno, aby na měřicím serveru existovala možnost (po přihlášení) sledovat aktuální stav serveru, důležité informace o probíhajících či dříve uskutečněných měřeních a dosažených výsledcích. Dále je doporučeno, aby se měřicí terminály vůči serveru před zahájením měření vždy autentizovaly.

Pro účely prvotního či dalšího testování je vhodné, aby na měřicím serveru byla k dispozici možnost měřit parametry i pomocí některého z řešení využívajícího HTTP protokol (webové speedmetry). Dále je pak vhodné aby bylo možné sledovat i detailní TCP statistiky (záznamy o fungování během přenosu) dle standardu RFC 4898 [6].

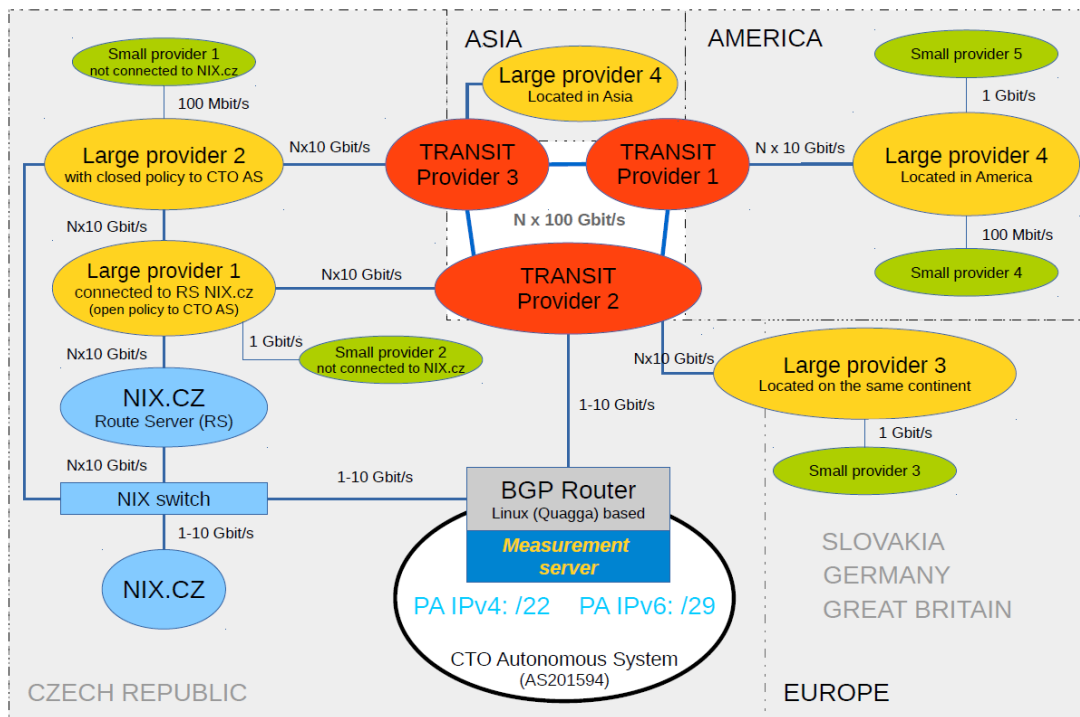
1.3.2.2 Komunikační protokol UDP

O možnostech využití komunikačního protokolu UDP pro měření pojednává kapitola 2.1.2.1, přičemž měřicí server musí být pro tyto účely dimenzován tak, aby bylo možné během měření generovat či přijímat potřebné množství UDP paketů. Je více než vhodné postupovat dle doporučení ITU-T Y.1564.

1.3.3 Připojení měřicího serveru

Jak bylo uvedeno v kapitole 1.2.2, měřicí server musí být dostatečně výkonnostně dimenzován a i jeho připojení k síti Internet musí být dimenzováno tak, aby neomezilo měření. Vzhledem k tomu, že měřicí server není možné ani vhodné umístit přímo do každé měřené sítě, je potřeba autonomní systém (AS) ČTÚ, ve kterém se server nachází, připojit vhodným a dedikovaným způsobem k ostatním AS a to tak, aby byla zajištěna dostatečná kapacita konektivity k ostatním AS. K tomuto účelu bude primárně využít především nejvýznamnější peeringový uzel na území ČR, NIX.CZ, do něhož má ČTÚ dedikované připojení rychlostí minimálně 10 Gb/s. V případě, že by měřená komunikační síť neměla připojení do některého peeringového uzlu, do kterého je přímo připojen AS ČTÚ, bude k měření využita dedikovaná tranzitní konektivita s rychlostí minimálně 3 Gb/s. Dále je možné využít tranzitní konektivitu i v případech, kdy je jakékoliv podezření o tvarování provozu z měřené sítě a je dle [2] v těchto případech nutné využít techniky, které tomuto chování předcházejí. Dostupná volná kapacita dedikovaného připojení k AS ČTÚ a zatížení celého systému musí být pravidelně monitorovány, aby se předešlo pochybnostem ohledně dostatečné dostupnosti volných zdrojů. V případě, že by došlo

k přetížení systému, je nutné, aby byla měření, která byla ve stejnou dobu prováděna, zneplatněna. Schéma připojení k uzlu NIX.CZ a tranzitnímu operátorovi je znázorněno na obr. 1.



Obr. 1: Schéma připojení měřicího serveru k uzlu NIX.cz a tranzitnímu operátorovi

2 Vlastní metodické postupy

2.1 Postup měření

Tato kapitola uvádí konkrétní metodické postupy, které by měly být k dispozici tak, aby bylo možné přizpůsobit měření dle této metodiky dané situaci, podmínkám a požadavkům.

2.1.1 Volba měřící metody

Základním předpokladem pro zahájení měření je stanovení správné metody a sekvence měření. V zásadě se při stanovení správné metody měření v současné době nabízí 3 různé metody, které jsou uvedeny v následujících subkapitolách. I když každá metoda je doporučena pro řešení různých situací, vůbec to však neznamená, že při měření nemůže být využito všech tří metod. Každá metoda poskytuje trochu odlišné informace o měřené datové síti, což může být obzvláště cenné při hledání chyb (tzv. troubleshootingu).

2.1.1.1 IETF RFC2544

Tato metoda byla publikována již v roce 1999 a řeší testování a aktivační analýzu jednotlivých síťových zařízení, avšak nebyla plánována, ani nikdy neměla za cíl testovat celé sítě či několik služeb najednou. I když byla tato metoda přizpůsobena i pro tyto účely, je značně časově náročná a neřeší některé další parametry, které si dnes moderní měření vyžaduje, jedná se např. o variaci zpoždění (jitter) či SLA.

Pro komplexní měření sítí není tato metoda příliš vhodná a její použití se v dnešní době příliš nedoporučuje i s ohledem na doporučení IETF RFC6815, které pro komplexní měření doporučuje využívat raději jinou metodu měření, např. ITU-T Y.1564.

2.1.1.2 ITU-T Y.1564

Metoda měření dle doporučení ITU-T Y.1564 je metoda, která byla publikována v roce 2011 a řeší řadu nedostatků, které lze pozorovat u metody dle doporučení IETF RFC2544. Metoda umožňuje definovat více služeb (streamů) s různými parametry (bandwidth profiles), lze provádět SLA ramp test i testování celých komunikačních sítí, a to testováním mezi dvěma demarkačními body sítě.

Test probíhá ve dvou krocích, kdy v prvním kroku se provede test jednotlivých streamů (tzv. Service configuration test) a následně v druhém kroku se provede test souběhu všech služeb (tzv. Service performance test). Testování dle této metody lze provádět v jednosměrném (uni-directional), smyčkovém (loopback) tak i v obousměrném (bi-directional) režimu měření.

Metoda je určena pro komplexní aktivační měření či analýzu jednotlivých prvků sítě či celých jejich segmentů. Lze ji s úspěchem využít k odhalení mnoha konfiguračních chyb sítě a ladění sítě, a to především před plným spuštěním služeb. Nevýhodou této metody je fakt, že pro samotné měření využívá UDP protokol a proto se příliš nehodí pro testování non-realtimových služeb. Není s ní např. možné měřit RTT.

2.1.1.3 IETF RFC 6349

Zásadní výhodou metody IETF RFC6349 je skutečnost, že pro samotné měření využívá protokol TCP, který je dnes dominantně využíván pro non-realtimovou komunikaci v síti Internet. Nevýhodou využití protokolu TCP je nutnost správného nastavení vysílacích a přijímacích oken (transmit and receive windows) a bufferů, správné nastavení velikosti paketů (rámců) a dále, že reálný přenos dat může být ovlivněn nutností opakovaného přenosu chybně přenesených paketů (rámců). Avšak výše uvedené skutečnosti plně korespondují s reálným vnímáním služby přístupu k síti Internet, což z této metody dělá nástroj vhodný pro měření komunikačních sítí za provozu či při troubleshootingu.

Tato metoda je v souladu s [1] a [2] doporučena pro účely ověřování parametrů přístupu k síti Internet pomocí pevného vedení. V situacích, kdy by tato metoda neposkytovala dostačující informace o měřené komunikační cestě či síti (např. při měření reálných služeb), lze využít i jinou metodu, která je v této kapitole popsána, či jinou vhodnou metodu.

2.1.1.4 Doplnková měření

Dalšími možnostmi pro doplňkovou diagnostiku sítě je využití BERT (Bit Error Rate Test) či jinou vhodnou proprietární testovací metodu.

2.1.2 Volba měřící sekvence

Měření dle této Metodiky lze provést v několika základních měřících módech, respektive v sekvencích, kde se jednotlivé základní měřící módy mohou lišit. Základními měřícími módy (sekvencemi) jsou:

- a) jednosměrné měření (uni-directional measurement) - ať už ve směru vzestupném (směrem k měřicímu serveru) či sestupném (směrem k měřicímu terminálu).
- b) měření ve smyčce (loopback measurement) - měřící server poskytuje v tomto případě pouze funkci obracení provozu zpět k měřicímu terminálu. Toto měření vždy poskytuje informaci pouze o úzkém hrdle sítě a její použití se až na výjimečné případy nedoporučuje v případě měření asymetrických linek.
- c) obousměrné měření (bi-directional measurement) – měření probíhá současně ve směru vzestupném (směrem k měřicímu serveru) i ve směru sestupném (směrem k měřicímu terminálu).

V souladu s [2] je možné jednotlivé měřící sekvence (včetně vkládání krátkých prodlev) různě kombinovat, tzn. skládat do větších měřících celků („měření“). Vždy záleží na situaci, avšak každé měření:

- by mělo trvat alespoň 15 minut, u velice rychlých a stabilních linek (zpravidla 100 Mbit/s a více) je možné délku tohoto měření výrazně zkrátit, avšak nikdy ne na méně než 2 minuty,
- mělo by být prováděno v pracovní dny (pokud si situace nevyžaduje jiné dny) a
- diversifikováno v čase a to tak, že min. 1 měření bude probíhat „ve špičce“ a min. 1 měření bude probíhat „mimo špičku“.

2.1.3 Demarkační body měření

Demarkačními body měření jsou takové body v síti, mezi kterými bude probíhat měření parametrů sítě.

- a) Prvním demarkačním bodem je definován měřící server ČTÚ, který je umístěn v AS ČTÚ a je připojen do sítě Internet dle kapitoly 1.3.6. Prvním demarkačním bodem lze definovat i jiné místo v síti, avšak pouze v těch případech, kdy je to nezbytně nutné a danou situaci nelze řešit pomocí demarkačního bodu umístěného v AS ČTÚ. Typickou situací může být např. měření vyhrazené linky mezi dvěma pobočkami zákazníka. Dále mohou nastat i situace, kdy první demarkační bod nebude potřeba, a to např. v situacích ověřování kvality příjmu dat, TV či hlasu v režimu koncového terminálu.
- b) Druhým demarkačním bodem je definován měřící terminál, který bude vždy umístěn a připojen k měřené síti v souladu s [2], tzn. v místě, které je co neblíže k předávacímu rozhraní služby mezi zákazníkem a poskytovatelem, avšak stále v sub-síti zákazníka.

- Ideálním případem je připojení měřícího terminálu přímo k předávacímu rozhraní služby, v tomto případě nemusí být podniknuta žádná opatření s ohledem na možné externí vlivy, které by mohly negativně ovlivnit měření.
- V případech, kdy připojení terminálu přímo k předávacímu rozhraní služby není možné či by bylo složité (ať už z důvodu nedostupnosti rozhraní na měřícím terminálu, nekompatibility technologií předávacího a měřícího rozhraní, nemožnosti odpojení koncového terminálu (např. z identifikačních či distribučních důvodů) nebo i z jiného důvodu), bude měření probíhat na metalickém, optickém, ve výjimečných případech i jiném (např. bezdrátovém) rozhraní převodníku (modemu, MDU, ONU, ONT apod.), který je svým „uplink“ portem připojen přímo do předávacího rozhraní služby a svým „downlink“ portem připojen přímo k měřícímu terminálu.

Při volbě této metody je nutné dodržet několik zásad, a to především:

- 1) Primárně je nutné využít převodník, který je dodáván zákazníkovi při aktivaci služby, avšak pokud si to situace vyžaduje, je možné využít i jiný převodník, který je pro tuto službu a technologii vhodný.
- 2) Zkontrolovat, případně otestovat, že k danému převodníku je ve směru sestupném připojen pouze měřící terminál, a to na všech rozhraních daného převodníku.

Výjimkou jsou případy, kdy je jiné umístění demarkačního bodu v rámci měřené sub-sítě nezbytné pro dané měření. Např. při řešení problémů s danou přístupovou technologií, nedostupnosti technologie předávacího rozhraní na měřícím terminálu apod.

2.1.4 Měření v sítích s podporou IPv6

V případech, kdy je v měřené síti dostupná technologie IPv6, může při měření nastat několik scénářů:

- a) v měřené síti je dostupné připojení jak pomocí technologie IPv4, tak pomocí technologie IPv6 (tzv. dual-stack)
V tomto případě je nezbytné provést měření nejen pomocí protokolu IPv4, ale také pomocí protokolu IPv6.
- b) v měřené síti je dostupný pouze protokol IPv6
V tomto případě se provede měření pouze pomocí IPv6.

2.1.5 Měření sítí pomocí TCP vs. UDP

Volba měřícího protokolu na L4 (dle modelu ISO/OSI) je vysoce závislá na charakteru měřené služby, na informacích, které jsou požadovány jako výsledky měření a na bezpečnostních rizicích, které jsou uvedeny v [2]. Jelikož měření pomocí UDP protokolu (klasicky měření dle ITU-T Y.1564) neposkytuje údaje o RTT (což je zásadní parametr pro vnímání uživatelské zkušenosti) a dále přináší s sebou také celou řadu bezpečnostních rizik (potenciální identifikace měření jako DDoS útoku apod.), je doporučován následující postup:

- a) Pokud je měřená síť pod cizí správou a měření není s provozovatelem služby nijak koordinováno

V tomto případě je v maximální možné míře doporučeno postupovat dle IETF RCF6349 a [2] a tudíž se v maximální možné míře vyhnout měření pomocí UDP a tím snížit riziko identifikace měření jako škodlivého útoku ze strany poskytovatele služeb. Měření pomocí UDP se doporučuje využívat pouze v případech, kdy je to nezbytně nutné, či si to vyžaduje charakter měřené služby.

- b) Pokud je měřená síť pod vlastní správou či je měření s provozovatelem služby koordinováno

V tomto případě je možné realizovat měření pomocí UDP protokolu, avšak vždy s vědomím, že i když je měření koordinováno s provozovatelem služby, může i tak dojít k situacím, kdy měřené rozhraní bude bezpečnostním prvkem sítě zablokováno.

2.1.6 Definování parametrů generátoru provozu při měření

Před zahájením samotného měření je nutné v souladu s [2] identifikovat maximální hodnotu MTU, která je dále prohlášena jako referenční hodnota sítě. S touto hodnotou souvisí i velikost rámců (frame size), které budou generovány a ke které bude daná propustnost na L4 (dle modelu ISO/OSI) vztahována. Pro účely měření je tato hodnota z důvodu objektivity a v souladu s [2], IETF RFC6349 a ITU-T Y.1564 stanovena na hodnotu MTU, maximálně však na hodnotu 1518 B.

V souladu s charakterem služby je také možné zvolit hodnotu velikosti rámců odlišnou od MTU, a to následovně:

- a) 1518 B, pokud měřená přípojka odpovídá obecné službě přístupu k síti Internet
- b) jiná hodnota, a to v těch případech, kdy měřená síť (linka) charakterem služby odpovídá jiné službě než dle bodu a). V těchto případech je zapotřebí danou hodnotu nastavit na takovou hodnotu, která odpovídá typickému provozu v dané síti (lince). Typicky se jedná o hlasové či televizní služby provozované přes komunikační síť.

2.1.7 Vlastní měření

Tato kapitola uvádí postup samotného měření klíčových a podpůrných parametrů, uvedených v kapitole 1.2.5 a 1.2.6.

Před samotným zahájením měření je potřeba rozhodnout několik věcí, a to:

- 1) Stanovit měřicí protokol na L4 (dle modelu OSI/ISO), a to TCP či UDP dle 2.1.6.
- 2) Stanovit vhodnou metodu měření dle 2.1.1. a také dle 1).
- 3) Určit dostupné verze IP protokolu a v případě dostupnosti IPv6 postupovat dle 2.1.5.
- 4) Stanovit demarkační body a zkontrolovat zásady a správnost zapojení dle 2.1.3.
- 5) Zvolit sekvenci měření, která odpovídá charakteru služby, či v případě řešení problémů (troubleshootingu) intervalu výskytu chybových stavů, a to vše v souladu s 2.1.2.
- 6) Nastavení komunikujících protistran (včetně navázání IP komunikace).
- 7) Nastavení jednotlivých parametrů měření.
- 8) Inicializace měření a automatický (ve výjimečných případech je možné i ruční) výpočet minimálních parametrů TCP spojení.
- 9) Provedení vlastního měření dle měřicí sekvence 2.1.2.
- 10) Ukončení měření a uložení výsledků.

Jelikož při vlastním měření pevných sítí může nastat několik scénářů měření či je v různých případech nutné postupovat rozdílně, budou další podrobnosti k jednotlivým scénářům měření přikládány k této metodice formou příloh, a to proto, aby bylo možné reagovat vydáním nové či úpravou stávající přílohy na nové situace bez nutnosti změny obecných částí metodiky.

2.1.8 Denní doba měření

Samotné měření bude probíhat především v pracovních dnech v době mezi 7. a 22. hodinou, pokud charakter měření nevyžaduje jinak.

2.1.9 Záznamy o měření

Záznamy o výsledcích měření, které bude provádět software v měřicím terminálu, musí být prováděny tak, aby bylo možné jejich další strojové zpracování (ASCII, CSV,...), tabulkové vyhodnocení

a či jiné vhodné zpracování (např. formou záznamu porušení či překročení stanovených měřících prahů (violation of measurement thresholds)).

2.2 Vyhodnocení měření

S ohledem na skutečnosti uvedené v kapitole 2.1.8 se vyhodnocení měření dle jednotlivých scénářů měření může výrazně lišit, proto detailní informace k jednotlivým případům (scénářům) budou k dispozici v příslušných přílohách tohoto dokumentu. Ve stejných přílohách budou i uvedeny statistické či agregační metody, které budou při vyhodnocování měření uplatněny.

2.3 Postup při chybových stavech

V případě, že při měření dojde k problému (např. s navázáním datového spojení) či zjevně chybovému stavu, je nutné postupovat přiměřeně. Obsluha měřicího terminálu se pokusí určit příčinu daného problému, pokud je to možné, odstraní ji a popř. provede následně opakované měření.

3 Citovaná literatura

- [1] ČTÚ, „Stanovení základních parametrů a měření kvality služby přístupu k síti Internet,“ 2014, [Online]. Available: https://www.ctu.cz/cs/download/datovy_provoz/rizeni_datoveho_provozu_stanoveni_zakladnich_parametru_18_12_2014.pdf.
- [2] ČTÚ, „měření datových parametrů sítí pomocí TCP protokolu,“ 2014, [Online]. Available: http://www.ctu.cz/cs/download/datovy_provoz/rizeni_datoveho_provozu_metodika_mereni_17_12_2014_v0_4_5.pdf.
- [3] IETF RFC 2544, „Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices“, 1999, [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc2544>.
- [4] ITU-T Y.1564, „Ethernet service activation test methodology“, 2011. [Online].
- [5] IETF RFC 6349, „Framework for TCP Throughput Testing“, 2011, [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc6349>.
- [6] IETF RFC 4898, „TCP Extended Statistics MIB“, 2007, [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc4898>.

4 Seznam zkratek a pojmů

ASCII	- American Standard Code for Information Interchange - znaková sada definující převážně znaky anglické klávesnice
AS	- Autonomous System - autonomní systém je základní logická jednotka sítě Internet
B	- Byte - jednotka informace
BERT	- Bit Error Rate Test - test bitové chybovosti
BS	- Buffer Size – velikost vyrovnávací paměti, zpravidla v kB
CSV	- Comma Separated Values – souborový formát tabulky definovaný hodnotami oddělenými středníkem
ČR	- Česká republika
ČTÚ	- Český Telekomunikační Úřad – národní regulátor v oblasti telekomunikací
DMZ	- DeMilitarized Zone – bezpečnostní technika logického oddělení sítě
Gb/s	- Gigabit za sekundu – jednotka rychlosti přenosu dat (někdy také Gbit/s či Gbps)
GB	- Gigabyte – jednotka informace
GPS	- Global Positioning System – satelitní navigační systém
HTTP	- Hypertext Transfer Protocol – protokol pro přenos dat webových stránek
ICMP	- Internet Control Message Protocol – protokol pro zasílání kontrolních zpráv
IETF	- Internet Engineering Task Force – organizace zabývající se vývojem internetových standardů
IP	- Internet Protocol – protokol pro komunikaci v počítačových sítích
IPv4	- Internet Protocol version 4 – internetový protokol verze 4
IPv6	- Internet Protocol version 6 - internetový protokol verze 6
L4	- Layer 4 - čtvrtá síťová vrstva dle modelu ISO/OSI modelu, tj. transportní vrstva
NIX.CZ	- Czech Neutral Internet eXchange point – český peeringový uzel
ISO/OSI	- International Standards Organization / Open System Interconnection – mezinárodní organizace pro standardizaci
ITU-T	- International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector
Mb/s	- Megabit za sekundu – jednotka rychlosti přenosu dat (někdy také Mbit/s či Mbps)
MDU	- Multiple Dwelling Unit – aktivní distribuční prvek FTTB PON sítí
MTU	- Maximum Transmission Unit – maximální velikost IP datagramu, který je možné přenést sítí
NAT	- Network Address Translation – technika překladu síťových adres
ONU	- Optical Network Unit – koncový aktivní prvek FTTH EPON sítí
ONT	- Optical Network Terminal – koncový aktivní prvek FTTH GPON sítí
RFC	- Request For Comments – typ publikování dokumentů ze strany IETF

- RTT** - **R**ound **T**rip **T**ime - Zpoždění přenosu datového paketu od účastníka k měřicímu serveru a zpět u služby přístupu k síti Internet, vyjádřené nejčastěji v ms, označované také jako Delay
- RWND** - **R**eceiver **W**indow – velikost okna na straně přijímače, zpravidla v jednotkách kB
- SLA** - **S**ervice **L**evel **A**greement – úroveň služby sjednaná mezi poskytovatelem služby a zákazníkem
- TCP** - **T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol – protokol pro spolehlivý přenos dat
- TCP throughput** - propustnost přenosu dat pomocí **TCP** protokolu, tj. L4 propustnost
- TV** - **T**ele**V**ision
- UDP** - **U**ser **D**atagram **P**rotocol – protokol pro nespolehlivý přenos dat

5 Přílohy

5.1 Příloha P1 – verze 1.0 (platná od 1. 7. 2016)

Měření pevné komunikační sítě pro účely kontroly parametrů přístupu k síti Internet – varianta měření v běžném síťovém provozu.

P1.1. Popis měřicího scénáře

V tomto scénáři se předpokládá měření pevné komunikační sítě pro účely kontroly parametrů přístupu k síti Internet. Tento případ si vyžaduje postup v souladu s [1], [2].

P1.2. Volba měřicí metody

Pro měření dle tohoto scénáře je doporučeno využívat měření pomocí TCP protokolu a to na základě doporučení IETF RFC6349. Ve výjimečných případech (např. pro měření vyhrazených linek) je možné využít i jinou vhodnou metodu.

P1.3. Měřicí sekvence

Měření bude složeno z minimálně šesti měřících sekvencí, které budou následovat bezprostředně po sobě, přičemž každá měřicí sekvence bude v souladu s kapitolou 2.1.2 a [2] složena z následujících dílčích sekvencí:

- download (sestupný směr = remote-to-local)
- upload (vzestupný směr = local-to-remote)
- download a upload současně

Jednotlivé dílčí sekvence mohou být od sebe časově odděleny krátkou pauzou a v případě, že jsou cílem měření parametry získávané pouze z jednoho směru (např. ze směru sestupném), lze pro měření využít pouze tuto jednu dílčí sekvenci a ostatní dílčí sekvence vynechat.

Délky jednotlivých dílčích sekvencí se mohou pro jednotlivé přístupové technologie lišit, avšak až na situace, které si to vyžadují, by měly být dodrženy požadavky dle kapitoly 2.1.2.

V případě měření parametrů symetrických linek je možné využít i loopback testu.

P1.4. Demarkační body

Prvním demarkačním bodem bude v souladu s kapitolou 2.1.3 rozhraní měřicího serveru umístěného v AS ČTÚ. Druhým demarkačním bodem bude rozhraní měřicího terminálu připojené dle kapitoly 2.1.3, a to co nejbližší předávacímu rozhraní služby mezi poskytovatelem služby a zákazníkem.

P1.5. Nastavení měřicího terminálu a samotné měření

Po volbě měřicí metody, měřicí sekvence a určení demarkačních bodů se přistoupí k fyzickému zapojení terminálu v souladu s kapitolou P1.4. Správné zapojení se následně ověří pomocí měřicího terminálu, kde zároveň dojde k volbě a nastavení parametrů měřicího rozhraní. Dále je nutné přistoupit k nastavení parametrů vyšších síťových vrstev, jako je nastavení MAC, VLAN, IP, TCP portu (lokálního i remote zařízení), TOS/DS apod.

V neposlední řadě je potřeba nastavit hodnotu CIR (definovanou dle ITU-T Y.1564), a to na hodnotu, která je dané měřené službě přístupu k síti Internet přiřazena dle smluvních podmínek (dále i „udávaná hodnota CIR“). Pokud udávaná hodnota CIR není přiřazena, stanoví se tato hodnota jako maximální rychlost přístupu k síti Internet, která je poskytovatelem inzerována pro danou službu.

Po nastavení měřicího terminálu se provede samotný test (v souladu s P1.2, P1.3.), jehož výsledkem bude jedna naměřená (průměrná) hodnota TCP propustnosti (ať už download či i upload)

za celou dobu měření, hodnota RTT a další parametry měření, a to, pokud je to možné, i za jednotlivé měřicí intervaly. Výsledky měření se následně po ukončení měření uloží do protokolu o měření, případně se i uloží celý průběh měření včetně hodnot v jednotlivých měřicích intervalech.

P1.6. Vyhodnocení výsledků měření

Vyhodnocení výsledků měření probíhá po ukončení všech měření na daném pevném přístupu k síti. V případě, že bylo provedeno více měření (z důvodu více verzí IP protokolu, časové diverzity měření či opakovaného testu), budou naměřené hodnoty jednotlivých měření následně vyhodnoceny, případně agregovány (např. prostým průměrem hodnot jednotlivých měření, apod.).

V případě, že poskytovatel služeb poskytuje definovanou garanci služeb (SLA) pomocí parametrů, které jsou odlišné od [1], je zapotřebí k této skutečnosti přihlídnout. Podobná situace nastane v případě, kdy poskytovatel služeb neposkytuje definovanou garanci služeb (SLA), zde je zapotřebí hodnotit parametry, které jsou poskytovatelem služeb inzerovány (většinou se jedná o parametr rychlost stahování (download) a parametr rychlost odesílání (upload)).

Naměřené hodnoty (potažmo i celá hodnocená služba), které byly získány dle P1.5. (popř. vyhodnoceny prostým průměrem jednotlivých měření dle této kapitoly), mohou být hodnoceny např. následující metrikou:

Služba vyhovuje udávaným parametrům v případě, že pro všechny parametry P_i platí:

- a) $H_M\{P_i\} \geq SLA_{MIN} \cdot H_U\{P_i\}$, pokud P_i je maximalizační parametr (P1-1)
- b) $SLA_{MIN} \cdot H_M\{P_i\} \leq H_U\{P_i\}$, pokud P_i je minimalizační parametr (P1-2)

kde $H_M\{P_i\}$ je naměřená hodnota parametru P_i , $H_U\{P_i\}$ je udávaná hodnota parametru P_i a SLA_{MIN} je minimální garance služeb. V obecných případech, kdy hodnota SLA_{MIN} není známa, lze uvažovat obecnou úroveň minimální garance služeb s hodnotou 80%.

V případě požadavků na hodnocení služby jiným způsobem, je možné pro vyhodnocení parametrů použít jakoukoliv jinou metriku, která bude v souladu s technickým vybavením a bude dostupná.

P1.7. Seznam zkratk

- CIR** - Committed Information Rate – průměrná šířka pásma garantovaného virtuálního okruhu
- DS** - Differentiated Services – diferencované služby
- MAC** - Media Access Control – 2. síťová vrstva dle modelu ISO/OSI
- TOS** - Type of Service – typ služeb
- VLAN** - Virtual Local Area Network – virtuální lokální síť

5.2 Příloha P2 – verze 1.0 (platná od 1. 7. 2016)

Měření a analýza pevné telekomunikační sítě pro účely kontroly parametrů sítě a schopnosti přenosu dat – aktivační a projektová analýza sítě.

P2.1. Popis scénáře

V tomto scénáři se předpokládá měření pevné komunikační sítě pro účely kontroly parametrů sítě a schopnosti přenosu dat před zahájením provozu jakýchkoliv služeb či může být využit k odhadu dimenzování sdílených linek. Tento případ si vyžaduje zvláštní pozornost, jelikož se jedná o problematickou záležitost a to hlavně s ohledem na rozdílnost měření zatížené sítě (s účastníky) a nezatížené sítě (bez účastníků).

P2.2. Agregáční funkce

P2.2.1. Verze Data 1.0

Je více než zřejmé, že v případě měření nezatížené sítě (sítě bez účastníků) budou výsledky měření zcela jiné, než v případě měření sítě v zatíženém provozu (reálném provozu s účastníky). Pokud nastane situace, kdy nás zajímají parametry sítě po zatížení (ať už kvůli ověřování technologie, dimenzování zdrojů, apod.), avšak jsme schopni změřit pouze parametry nezatížené sítě, můžeme k odhadu parametrů propustnosti využít následující rovnici ve tvaru

$$H_Z(N_S) \cong A^{-1}(N_S, H_Z) \cdot H_N(N_S, H_Z) \quad (\text{P2-1})$$

kde N_S je počet účastníků v daném segmentu sítě, kteří sdílejí zdroje, H_Z je parametr zatížené sítě s N_S účastníky, H_N je parametr nezatížené sítě s předpokládanými N_S účastníky a A je agregační funkce, která je definována jako

$$A(N_S, H_Z) = A_P(N_S) + A_S(N_S, H_Z) \quad (\text{P2-2})$$

kde A_P je náhodná („peaková“) část agregační funkce a A_S je statistická část agregační funkce, obě definované jako:

$$A_P(N_S) = 1 + N_S^{E_1} - N_S^{E_2} \quad (\text{P2-3})$$

$$A_S(N_S, H_Z) = C_T \cdot (N_S - 1) \quad (\text{P2-4})$$

kde E_1 a E_2 jsou exponenciální koeficienty a C_T je koeficient nárůstu ustáleného toku. Pro tuto metodiku lze v době jejího vydání s úspěchem použít hodnoty koeficientů $E_1 = 0,2$, $E_2 = -0,6$ a pro C_T hodnoty v rozmezí $C_T = 0,005$ až $C_T = 0,01$, což odpovídá nárůstu 5 až 10 kb/s na každého účastníka a na každý garantovaný Mb/s pro účastníka (tzn. pro 100 účastníků sdílející určitý síťový segment a s požadavkem na garanci 100 Mb/s to odpovídá ustálenému max. toku 50 až 100 Mbit/s).

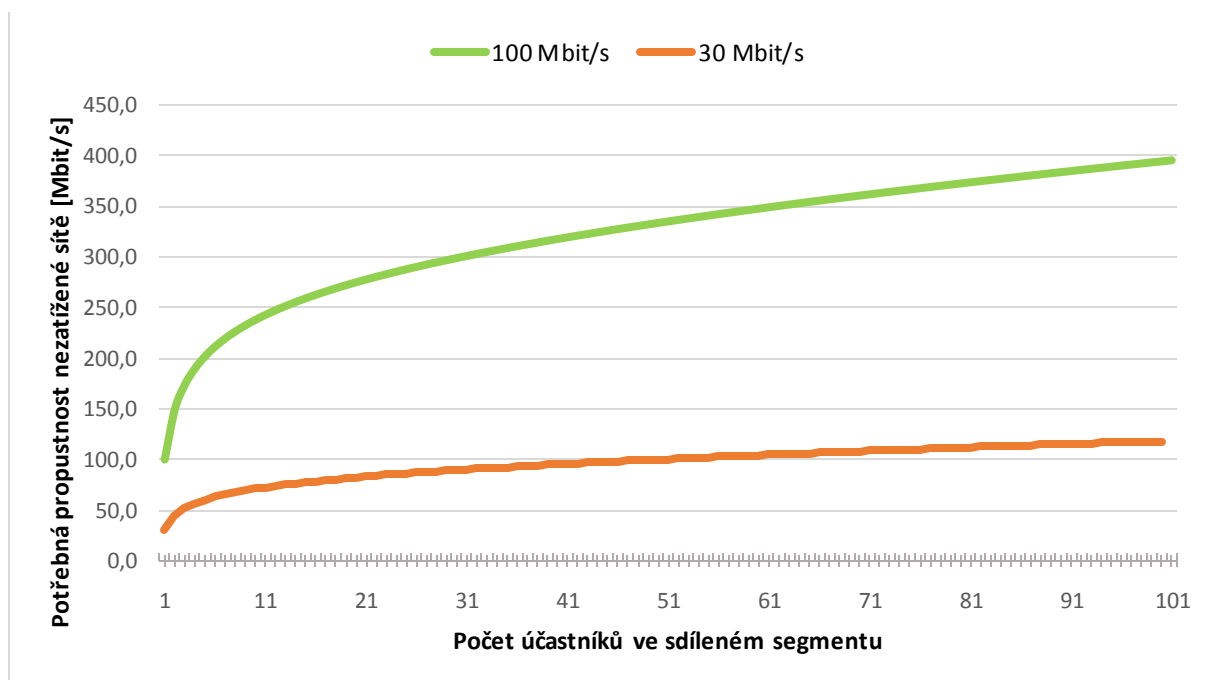
Náhodná část agregační funkce popisuje chování při malém N_S , kdy se účastníci službypřístupu k síti Internet nechovají příliš statisticky a je potřeba zajistit větší množství kapacity pro malé N_S tak, aby byla zajištěna dostatečná kapacita pro náhodné výkyvy (např. při současném využívání kapacity na 100% od 2-3 účastníků).

Statistická část agregační funkce popisuje stav při narůstajícím N_S , kdy se chování přibližuje statistickému chování a nárůst potřeby zdrojů je spíše lineární s N_S .

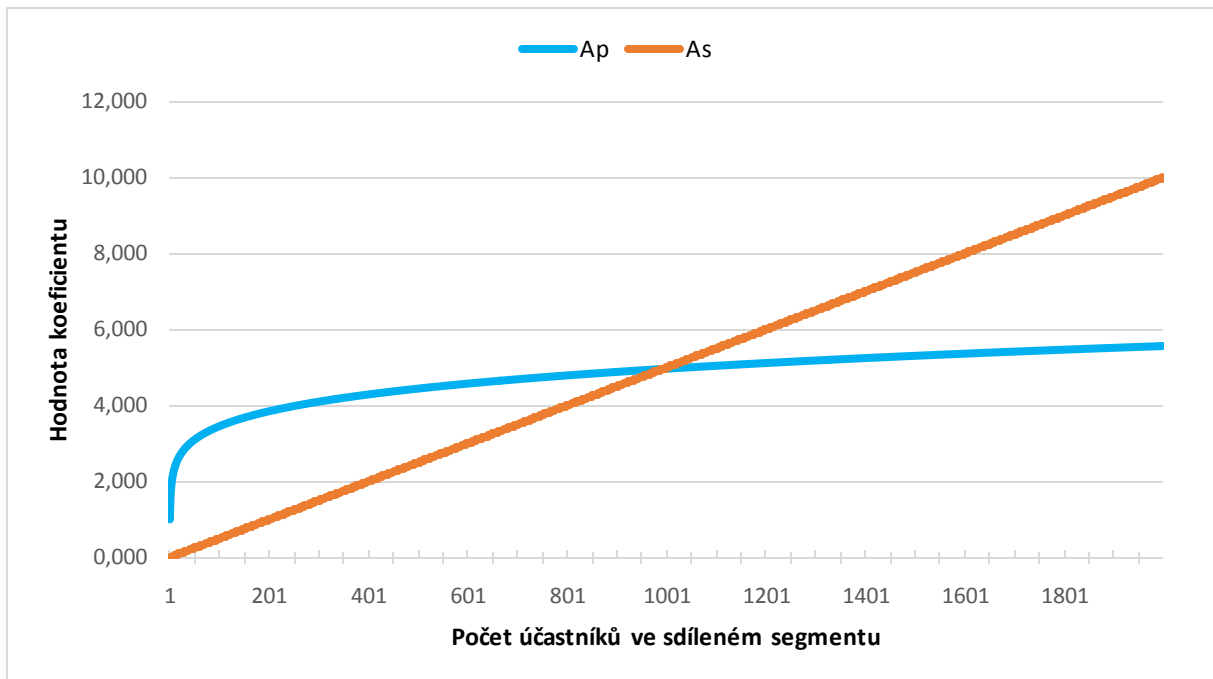
Některé významné hodnoty agregační funkce lze nalézt v následující tabulce:

N_s	A_p	A_s	A	$H_N (H_z = 10 \text{ Mb/s})$	$H_N (H_z = 30 \text{ Mb/s})$	$H_N (H_z = 100 \text{ Mb/s})$
1	1,000	0,000	1,00	10,00	30,00	100,00
2	1,489	0,005	1,49	14,94	44,82	149,39
5	1,999	0,020	2,02	20,19	60,57	201,90
10	2,334	0,045	2,38	23,79	71,36	237,87
20	2,655	0,095	2,75	27,50	82,50	274,98
50	3,091	0,245	3,34	33,36	100,08	333,61
64	3,215	0,315	3,53	35,30	105,90	352,99
100	3,449	0,495	3,94	39,44	118,31	394,38
128	3,585	0,635	4,22	42,20	126,59	421,96
200	3,844	0,995	4,84	48,39	145,16	483,88
256	3,996	1,275	5,27	52,71	158,12	527,05
500	4,442	2,495	6,94	69,37	208,10	693,67
1 000	4,965	4,995	9,96	99,60	298,81	996,02
10 000	7,306	49,995	57,30	573,01	1 719,02	5 730,06
100 000	10,999	499,995	510,99	5 109,94	15 329,82	51 099,40

Tab. P2.1: Přehledová tabulka agregačních hodnot pro $C_T = 0,005$



Graf. P2.1: Ilustrační přehled agregačních křivek pro $C_T = 0,005$ a $H_z = 30 \text{ Mbit/s}$, respektive $H_z = 100 \text{ Mbit/s}$



Graf. P2.2: Přehled agregačních koeficientů a jejich míry vlivu pro $C_T = 0,005$

Příslušnou agregační funkci pro statickou hodnotu H_Z budeme nazývat agregační křivkou.

P2.2.1.1. Kalibrace agregační křivky

Jelikož agregace je statistickou veličinou, není z matematického pohledu možné postihnout všechny relevantní vlivy, které danou veličinu ovlivňují, a proto účelem agregační křivky by měl vždy být relevantní a odborný odhad. Jelikož je zjevné, že chování účastníků se napříč sítěmi liší, je doporučeno pro každou síť provádět kalibraci křivky, a to převážně na základě definice koeficientu nárůstu ustáleného toku C_T .

Při kalibraci je vždy nezbytné splnit podmínky, které vycházejí přímo z definice agregační funkce. Jednou nutnou podmínkou pro využití dat pro kalibraci agregační křivky je splnění podmínky „nekonečné“ přípojné kapacity, tj. přípojná kapacita segmentu nesmí být úzkým hrdlem celého systému.

Další nutnou podmínkou je skutečnost, aby data využitá ke kalibraci nebyla ovlivněna omezením koncových bodů sítě v přístupu ke zdrojům.

Obecně lze říci, že agregační funkce nepočítá s jakýmkoliv řízením datového provozu a agreguje čistě statistické a náhodné chování koncových účastníků, proto pokud je tato náhodnost přístupu ke vstupním zdrojům nějakým způsobem „pokřivena“, není chování koncových zákazníků „čistě“ náhodné.

Doporučení.: Ideální data ke kalibraci jsou ze systému, kde všechny přípojně sítě využívají svou kapacitu na méně než 50% a SLA uplatňované v rámci segmentu „neomezují“ přístup koncových bodů sítě ke vstupním zdrojům.

P2.2.1.1.1. Jednobodová kalibrace

Pro kalibraci agregační křivky lze pro základní přizpůsobení agregační křivky použít jednobodovou kalibraci dle následujícího vzorce

$$C_T = \frac{Q_T}{N_T} \quad (P2-5)$$

kde Q_T je průměrné množství přenesených dat v referenční síti za N_T sekund.

Vhodnými daty pro kalibraci dle této procedury může být např. množství stažených / odeslaných dat všemi koncovými body daného sdíleného segmentu za 1 měsíc.

Příklad: „Sdílený segment obsahuje 50 účastníků, kteří za 30 dní stáhli celkem 100 GB dat.“

$$C_T = \frac{Q_T}{N_T} = \frac{Q_{T50}}{N_T \cdot N_S} = \frac{100 \text{ GB}}{30 \text{ dnů} \cdot 50 \text{ účastníků}} = 6,47 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$$

P2.2.1.1.2. Vícebodová kalibrace

Pro sofistikovanější přizpůsobení agregační křivky konkrétní síti je doporučeno provést tzv. vícebodovou kalibraci, kde může dojít k přesnějšímu přizpůsobení parametru A_S , avšak lze i docílit vhodného přizpůsobení parametru A_P .

Vícebodová kalibrace se sestává z „fitování“ agregační křivky vůči vynesným bodovým datům v grafu, např. metodou nejmenších čtverců. Pro tyto účely je nutné mít k dispozici data, která obsahují údaje o maximálních průtocích v různě velkých segmentech.

Příklad: Poskytovatel ve své síti využívá následující tarify: 30 Mbit/s, 60 Mbit/s a 120 Mbit/s. Z analýzy statistik sítě bylo zjištěno, že níže uvedené sdílené segmenty sítě za období posledních 6-ti měsíců využily maximálně následující přípojné kapacity:

Sdílený segment		Počet účastníků tarifu v segmentu		
číslo	max. využitá kapacita	30 Mbit/s	60 Mbit/s	120 Mbit/s
1	29,3 Mbit/s	1	0	0
2	138 Mbit/s	5	3	2
3	174 Mbit/s	45	12	7
4	222 Mbit/s	91	27	10
5	896 Mbit/s	692	260	48

Tab. P2.2: Tabulka příkladu vstupních dat pro dvoubodovou kalibraci

Výpočet:

Prvním krokem kalibrace by měl být výpočet váženého průměru počtu účastníků. Z důvodu linearity je irelevantní k jakému tarifu se budou výpočty vztahovat, vyberme například tarif 30 Mbit/s.

Pro první segment bude výpočet váženého průměru vypadat následovně :

$$N_{S30} = \frac{\sum N_{Si} \cdot T_i}{30} = \frac{1 \cdot 30 + 0 \cdot 60 + 0 \cdot 120}{30} = 1$$

kde N_{S30} je vážený průměr počtu účastníků N_{Si} v tarifu T_i .

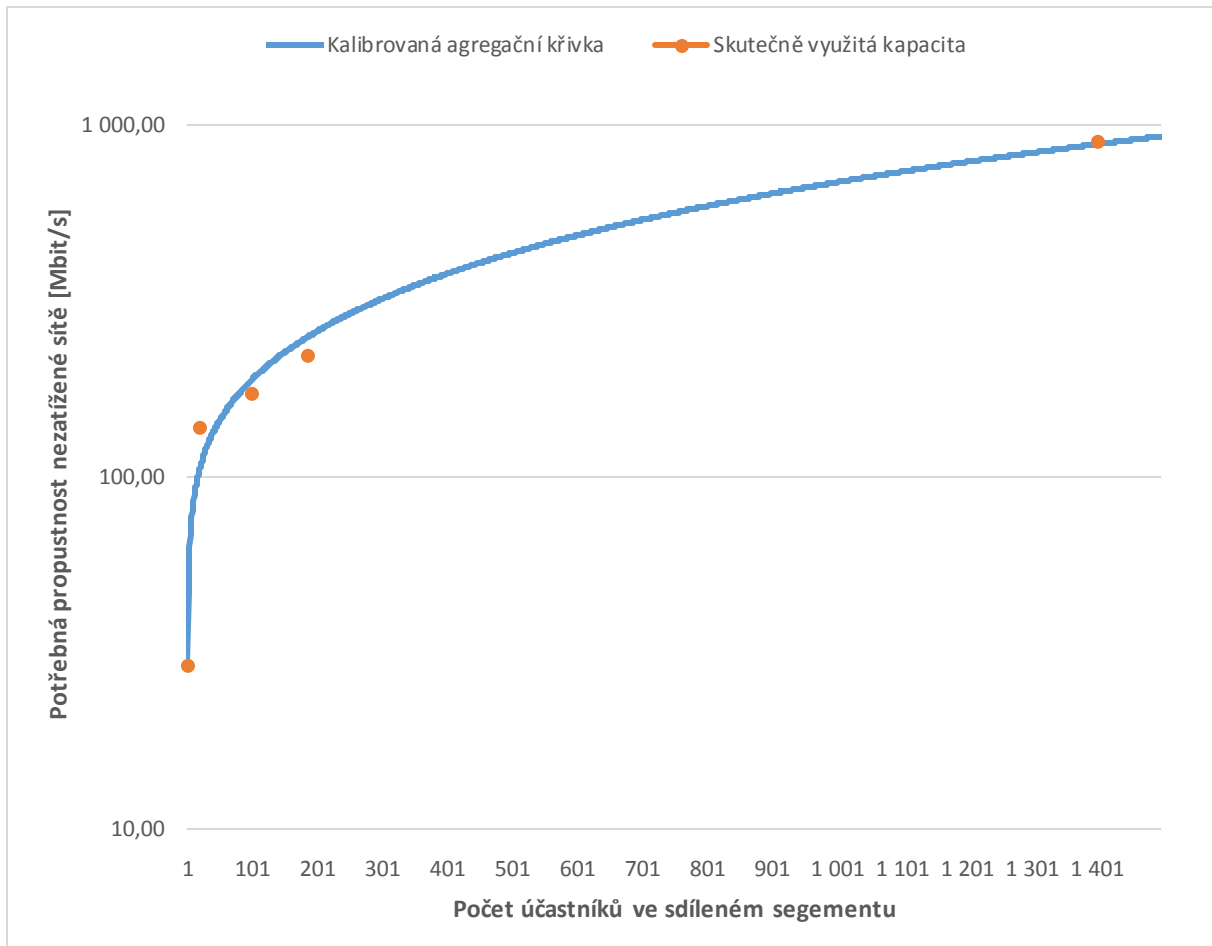
A pro všechny sdílené segmenty je pak výpočet obsažen v následující tabulce:

Sdílený segment		Počet účastníků tarifu v segmentu			Vážený průměr počtu účastníků k tarifu 30 Mbit/s
číslo	max. využitá kapacita	30 Mbit/s	60 Mbit/s	120 Mbit/s	
1	29,3 Mbit/s	1	0	0	1

2	138 Mbit/s	5	3	2	19
3	174 Mbit/s	45	12	7	97
4	222 Mbit/s	91	27	10	185
5	896 Mbit/s	692	260	48	1404

Tab. P2.2: Výpočet vážených průměrů počtu účastníků

Nyní je možné dané kalibrační body vyneset do grafu a provést „fitování“ agregační křivkou:



Graf. P2.3: Graf kalibrované agregační křivky s vnesenými body skutečně využití kapacity

Výsledkem fitování jsou parametry agregační funkce, které v tomto konkrétním případě jsou v následujícím tvaru $E_1 = 0,3$, $E_2 = -0,6$ a $C_T = 0,014$.

P2.2.2. Verze Data 1.1

Agregační funkce ve verzi Data 1.0 popisuje základní statistické chování jednotlivých sdílených segmentů sítě a dává ucelený odhad o předpokládaných parametrech, které by daná síť měla mít. Tato agregační funkce nebyla navržena pro detailní a ucelený popis i dalších méně dominantních vlivů, které také samozřejmě mohou faktor agregace ovlivnit. Z tohoto důvodu budou do další verze agregační funkce Data 1.1 zohledněny a analyzovány následující vlivy:

- nadstandardní či podprůměrné přidělení kapacity koncovým segmentům sítě
- ruralita a nezaměstnanost v daném geografickém území (potažmo i segmentu sítě)

Tato verze datové agregační funkce verze Data 1.1 bude uveřejněna v další verzi této přílohy Metodiky.

P2.2.3. Verze TV 1.0

Agregační křivka nemusí sloužit k popisu pouze potřebných kapacit pro datové služby, stejně tak může sloužit k popisu potřebných kapacit pro službu přenosu televizního vysílání. Zde je na místě si uvědomit, že jednotlivé závislosti se zde liší od přenosu datových služeb a dokonce budou odlišné i v případě použití technologií multicastu, unicastu či unicastu s CDN servery.

Tato verze televizní agregační funkce verze TV 1.0 bude uveřejněna v další verzi této přílohy Metodiky.

P2.3. Demarkační body

Při měření pevné sítě dle této přílohy je nezbytné rozdělit měřenou síť na části (tzv. segmenty), jejichž koncové body sítě sdílejí stejné vstupní zdroje (dále i „sdílené segmenty“). Měření je pak potřeba provádět po sdílených segmentech sítě, přičemž první dva demarkační body definujeme v souladu s kapitolou 2.1.3 a další demarkační body vzniknou v místech, kde dochází ke koncentraci (agregaci) sdílených segmentů.

P2.4. Volba měřicí metody

K měření dle této přílohy je vhodné využít metodu založenou na ITU-T Y.1564, případně lze s úspěchem využít i metodu založenou na IETF RFC 6349.

P2.5. Měřicí sekvence

Sekvence měření bude shodná s ustanoveními zvedenými v Příloze č. P1 (popřípadě v přílohách, které ji budou nahrazovat), avšak lze zvolit i jinou pro daný případ vhodnou sekvenci.

P2.6. Nastavení měřicího terminálu a samotné měření

Nastavení měřicího terminálu a samotné měření se bude provádět ve shodě s Přílohou č. P1 (popřípadě s přílohami, které ji budou nahrazovat), avšak lze zvolit i jiný pro daný případ vhodný postup.

P2.7. Vyhodnocení výsledků měření

Vyhodnocení výsledků bude probíhat v souladu s výpočty dle kapitoly P2.2, přičemž získané hodnoty se příslušně vyhodnotí ve shodě s Přílohou č. P1 (popřípadě s přílohami, které ji budou nahrazovat), avšak lze zvolit i jiný pro daný případ vhodný postup.

P2.8. Seznam zkratk

V této příloze nebyly uvedeny žádné nové zkratky.

5.3 Příloha P3 – verze 1.0 (platná od 1. 7. 2016)

Měření a analýza pevné komunikační sítě pro účely kontroly parametrů nově budovaných dotovaných NGA sítí.

P3.1. Popis scénáře

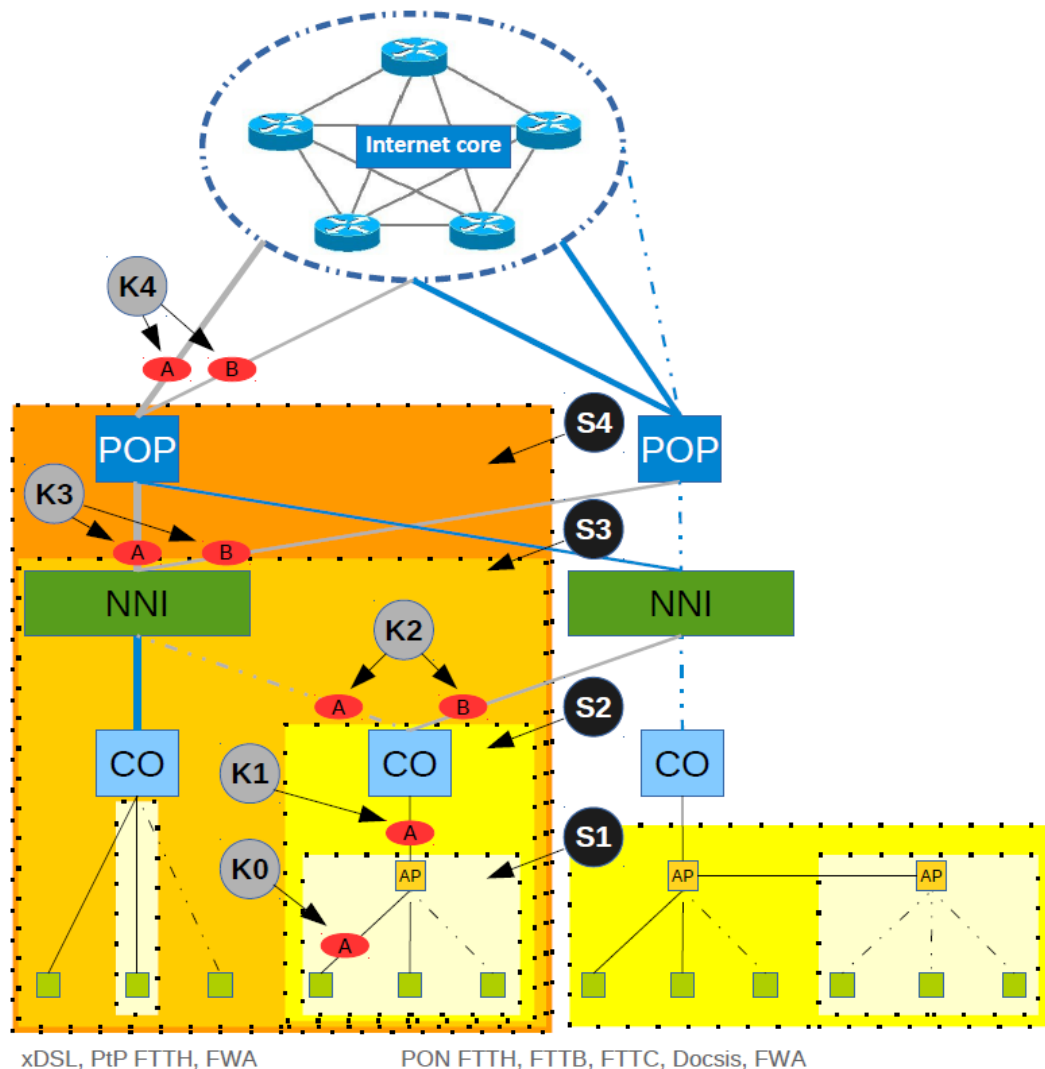
V tomto scénáři se předpokládá měření a analýza pevné komunikační sítě pro účely kontroly parametrů a schopnosti přenosu dat nově budovaných dotovaných pevných komunikačních sítí nové generace.

P3.2. Definice pojmů

P3.2.1. Sdílený segment

Sdíleným segmentem A definujeme takovou logickou či fyzickou část telekomunikační sítě, ve které všechny prvky sdíleného segmentu A sdílejí stejné vstupní zdroje.

Na následujícím obrázku je uveden příklad rozdělení sítě do sdílených segmentů S1, S2, S3, S4 s přípojnými sítěmi (spoji) K0, K1, K2, K3, K4.



Obrázek P3.1: Příklady rozdělení sítě do sdílených segmentů

P3.2.2. Sdílený sub-segment

Sdíleným sub-segmentem B sdíleného segmentu A, přičemž platí, že $A \neq B$, nazveme takový segment sítě, který je podmnožinou sdíleného segmentu A.

P3.2.3. Rozhraní sdíleného segmentu

Rozhraním sdíleného segmentu definujeme rozhraní, kterým je sdílený segment připojen ke svému okolí.

Poznámka: V případě měření lze tato rozhraní nazývat demarkační body (ve významu využívaném v rámci této metodiky).

P3.2.4. Koncentrátor sdílených segmentů

Koncentrátorem K sdílených segmentů A_i nazveme takový prvek sítě, který je svými rozhraními připojen ke sdíleným segmentům A_i , a zároveň pro všechny připojené sdílené segmenty A_i platí, že mohou být sloučeny do nadmnožiny právě pomocí koncentrátoru K.

Poznámka: Často se jedná především o distribuční, agregační či centrální prvky síťové infrastruktury (switch, router, OLT, CMTS, optický nód, DSLAM, přístupový bod bezdrátové sítě, apod.).

P3.2.5. Poslední sdílený segment

Posledním sdíleným segmentem sítě nazveme takový sdílený segment, který ve směru sestupném poskytuje zdroje pouze koncovým bodům sítě (předávacím rozhraním služeb) a zároveň neobsahuje žádný koncentrátor.

Poznámka: Někdy se můžeme setkat se shodným pojmem, a to „poslední míle“ sítě či „last mile“.

P3.2.6. Průměrná rychlost

Průměrnou rychlostí stahování či odesílání nazveme podíl množství přenesených dat v daném směru a délky měření.

Poznámka: V některých materiálech se můžeme setkat s pojmem „reálná rychlost“, která je definována obdobně jako rychlost průměrná.

P3.2.7. Telekomunikační přípojka

Telekomunikační přípojkou nazveme takovou fyzickou či logickou část posledního sdíleného segmentu sítě, která ve směru sestupném poskytuje zdroje pouze jednomu, danému předávacímu rozhraní služeb.

P3.2.8. Přípojka sítě nové generace

Přípojkou sítě nové generace (dále i „NGA přípojka“) pro účely této přílohy budeme nazývat takovou telekomunikační přípojkou, která splní následující podmínky:

- 1) Je technologicky neutrální (tzn. může být postavena na jakékoliv technologii)
- 2) Neomezuje žádnou službu poskytovanou prostřednictvím sítě Internet nad rámec zákonných a jiných předpisů a nařízení
- 3) Nabízí takovou přenosovou kapacitu, že je schopna poskytnout průměrnou přenosovou rychlost stahování (v sestupném směru) dat min. 100 Mbit/s (na 4. síťové vrstvě dle modelu ISO/OSI), a to
 - a. již v současné době nebo
 - b. do konce roku 2020 a to tak, že

- i. v současné době nabízí takovou přenosovou kapacitu, že je schopna poskytnout průměrnou rychlost stahování dat min. 30 Mbit/s (na 4. síťové vrstvě dle modelu ISO/OSI) a současně
 - ii. pasivní infrastruktura je po fyzikální stránce schopna dosáhnout takové přenosové kapacity, že při budoucí výměně aktivních prvků sítě bude schopna poskytnout průměrnou rychlost stahování dat min. 100 Mbit/s (na 4. síťové vrstvě dle modelu ISO/OSI)
- 4) Nabízí takovou přenosovou kapacitu, že je schopna poskytnout průměrnou přenosovou rychlost odesílání (ve vzestupném směru) dat min. 33 Mbit/s (na 4. síťové vrstvě dle modelu ISO/OSI), a to
 - a. již v současné době nebo
 - b. do konce roku 2020 a to tak, že
 - i. v současné době nabízí takovou přenosovou kapacitu, že je schopna poskytnout průměrnou rychlost odesílání dat min. 10 Mbit/s (na 4. síťové vrstvě dle modelu ISO/OSI) a současně
 - ii. pasivní infrastruktura je po fyzikální stránce schopna dosáhnout takové přenosové kapacity, že při budoucí výměně aktivních prvků sítě bude schopna poskytnout průměrnou rychlost odesílání dat min. 33 Mbit/s (na 4. síťové vrstvě dle modelu ISO/OSI)
- 5) Je a bude do budoucna schopna stabilního provozu, a to v souladu se standardem MEF 23.1, v kategorii Performance Tier 1 Medium, tzn., splňuje a bude do budoucna splňovat všechna kritéria spojená s parametry jako je ztrátovost paketů, zpoždění či kolísání zpoždění, apod.
- 6) Splňuje všechny další požadavky vyplývající z jiných relevantních či souvisejících předpisů a nařízení

P3.2.9. Síť nové generace

Sítí nové generace (dále i „NGA síť“) nazveme takovou telekomunikační síť, která neobsahuje jiné telekomunikační přípojky, než přípojky NGA.

P3.2.10. Minimální agregační křivka

Minimální agregační křivkou nazveme takovou agregační křivku (dle přílohy č. P2 této Metodiky), jejíž všechny funkční hodnoty jsou minimem hodnot, které zajistí splnění definičních podmínek NGA přípojky.

Pro účely této přílohy budeme předpokládat, že minimální agregační křivku konstruujeme s koeficientem nárůstu ustáleného toku $C_T = 0,01$.

P3.2.11. Přípustná agregace

Pokud je přípustná kapacita sdíleného segmentu větší nebo rovna příslušné funkční hodnotě minimální agregační křivky daného segmentu, prohlásíme pak, že daný sdílený segment má přípustnou agregaci, a je tedy schopen zajistit parametry NGA přípojky.

P3.2.12. Stabilní telekomunikační provoz

Stabilní telekomunikační provoz definujeme pomocí vybraných přenosových parametrů jako soubor pravidel, která nesmí být při stabilním telekomunikačním provozu porušena.

Vybranými přenosovými parametry dle ITU-T Y.1540, potažmo MEF 23.1 definujeme:

1. Zpoždění (Packet Delay - PD) - jednosměrné

2. Variace zpoždění (Packet Delay Variation - PDV)
3. Ztrátovost paketů (Packet Loss - PL)
4. Dostupnost (Availability)

Soubor pravidel výše uvedených vybraných přenosových parametrů definujeme v souladu s doporučením MEF 23.1 (dle kategorie Performance Tier 1 a úrovně Medium), a to dle následující tabulky:

Parametr	Požadovaná hodnota
Zpoždění - jednosměrné	≤ 20 ms
Variace zpoždění	≤ 8 ms
Ztrátovost paketů	$\leq 10^{-4}$
Dostupnost	není definována tímto dokumentem

Tab. P3.1 – Soubor pravidel stabilního provozu dle MEF 23.1 - Performance Tier 1 - Medium

Výše uvedená definice souboru pravidel vybraných přenosových parametrů je platná za předpokladu IP provozu v síti, kdy vliv jednotlivých síťových vrstev na výše uvedené přenosové parametry sítě je možné při rozhodovacím procesu zanedbat.

Na jednotlivé parametry měření dle Tab. P3.1. budou aplikovány příslušné statistiky, a to plně v souladu s doporučením MEF 23.1.

Poznámka: V dalším textu je stabilní telekomunikační provoz popsán v této části označován zjednodušeně jako stabilita.

P3.3. Administrativní kontrola sítě

Před samotným zahájením faktické kontroly telekomunikační sítě by měla být provedena administrativní kontrola sítě, a to s ohledem na to, zda je daná telekomunikační síť „teoreticky“ schopna vyhovět parametrům dle definice NGA.

Je více než zjevné, že některé parametry sítě je „ekonomické“ ověřovat pouze formálně (např. pouze z katalogových listů prvků sítě apod.) a jejich faktická kontrola při místním šetření nebude prováděna, jelikož by to bylo časově či finančně velmi náročné. Bude se jednat především o stanovení propustnosti jednotlivých síťových prvků (koncentrátorů), kapacit některých druhů kabeláže apod., kde bude předpokládáno, že výrobce daných prvků sítě ve svých katalogových listech uvádí pravdivé údaje či že veřejně dostupné údaje o dané technologii jsou pravdivé.

Samotná administrativní kontrola sítě se bude skládat z několika částí:

1. Sběr dat – získání seznamu prvků sítě, topologie sítě a dalších nezbytných informací nutných pro administrativní vyhodnocení kvality sítě
2. Ověření přípustné agregace ve všech sdílených segment sítě

P3.3.1. Sběr dat

Získání dat potřebných pro administrativní kontrolu sítě bude probíhat na základě formulářového dotazníku elektronickou či písemnou cestou, případně pak při fyzické prohlídce přímo v místě kontrolované sítě. Doplnkovou možností při sběru dat je i pořízení fotodokumentace či předložení výpisů z konfigurace či dohledů jednotlivých síťových prvků, ze kterých by bylo možné

při dalším posuzování vycházet. Výjimečně je možné i doplnění některých údajů při osobní návštěvě, telefonicky či jiným vhodným způsobem.

Sběr dat bude rozdělen do několika oddílů, ve kterých budou získány základní informace o dané síti dle následujících bodů.

P3.3.1.1. Seznam prvků sítě

Nezbytnou součástí administrativní kontroly bude vypracování jmenného seznamu síťových prvků, a to jak aktivních, tak i pasivních. U každého prvku by měly být uvedeny základní informace o druhu použité technologie, typu jednotlivých zařízení, počtu a typu portů či slotů, velikosti a výkonu připojených antén, výrobce zařízení apod., a to především s ohledem na skutečnost, aby bylo možné vyhodnotit, zda daný síťový prvek je schopen spolehlivé a stabilní obsluhy připojených sub-segmentů.

P3.3.1.2. Topologie sítě

V dalším oddílu sběru dat by měly být získány informace o topologii sítě, včetně zakresu a informací o kapacitách jednotlivých spojů, vzdálenosti, umístění prvků sítě, geografických poměrech v území apod. Dále by z topologie sítě měly vyplynout informace o tom, jaké sdílené segmenty jsou v síti přítomny a kolik koncových bodů sítě celkem obsluhují či zvládnou obsloužit vzhledem k dané agregaci.

P3.3.1.3. Další nezbytné a relevantní informace

V případě potřeby je vhodné získat i informace, které jsou nezbytné pro vyhodnocení přípustné agregace, stability apod. Takovými informacemi mohou být informace typu, číslo individuální oprávnění (IO), na základě kterého jsou spoje provozovány, licenční podmínky RR spojů, smluvní kapacity konektivit, propojů apod.

P3.3.2. Ověření přípustné agregace

Výpočet přípustné agregace jednotlivých sdílených segmentů sítě by měl sloužit jednak k posouzení přípustných agregací ve vybudované či zamýšlené síti, ale je možné jej úspěšně využít i k „projektovému“ návrhu daných sítí.

Cílem výpočtu by mělo být ověření, zda jednotlivá rozhraní a také samotné médium sdíleného segmentu mají dostatečnou kapacitu na to, aby byly schopny stabilně a spolehlivě poskytovat zdroje všem koncovým bodům sítě.

Výpočet by měl být prováděn s ohledem na definici NGA přípojky, tzn. měl by být proveden pro 2 případy:

- 1) Prvním případem je výpočet přípustných agregací pro všechny sdílené segmenty, a to včetně kapacitních omezení aktuálně využívanými aktivními prvky
- 2) Druhým případem je výpočet přípustných agregací pro všechny sdílené segmenty s předpokladem neomezuující kapacity aktivních prvků, tzn. bude hodnocena pouze pasivní infrastruktura sítě a její kapacita

V případě, že všechny sdílené segmenty budou dle výše uvedených výpočtů splňovat podmínku přípustné agregace, pak celá síť je provozována v režimu přípustné agregace a je vysoká pravděpodobnost, že v síti je zajištěna stabilita a spolehlivost datového provozu na kapacitní úrovni.

Je samozřejmé, že dodržení samotné přípustné agregace není postačující podmínkou pro to, aby byla zárukou, že v síti nedochází k jakýmkoliv formám nestabilního či nespolehlivého provozu. Avšak tato skutečnost již není otázkou kapacitních zdrojů samotné sítě, ale spíše provozu samotného.

P3.3.2.1. Minimální penetrace

Při návrhu přípustných agregací je relevantní otázkou odhad míry penetrace, kterou daná síť bude reálně dosahovat v průběhu času. Tato otázka výrazně ovlivní návrh kapacit jednotlivých rozhraní sdílených segmentů. Při návrhu je zapotřebí vzít také v potaz povinnost poskytování velkoobchodní nabídky, rezervu pro budoucí využití (např. nová zástavba v území), apod. Proto lze předpokládat, že míra penetrace se v průběhu udržitelnosti NGA sítí bude postupně přibližovat k hranici 100%, avšak dosáhne jí či dokonce ji překročí pouze ve výjimečných případech.

P3.4. Postup ověřování sítě měření

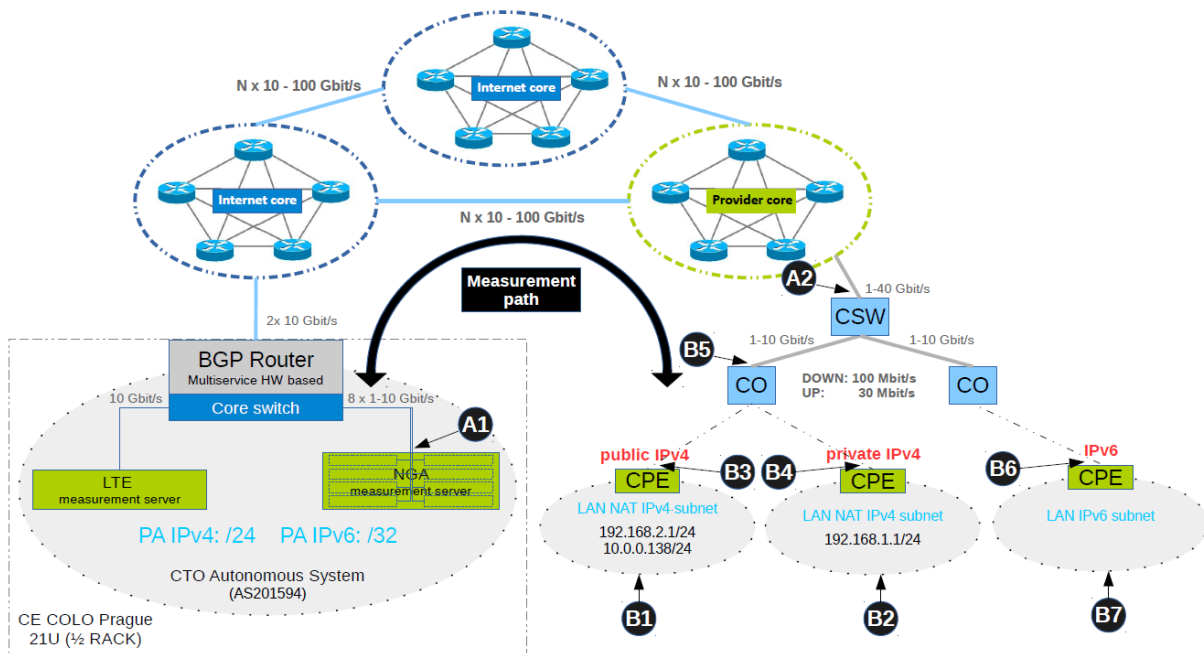
Nenahraditelnou součástí kontroly NGA sítě by mělo být i ověření sítě samotným měřením. Nutnou prerekvizitou je však splnění teoretických předpokladů pro NGA síť popsaných v předcházející kapitole. Při této kontrole by mělo dojít k proměření všech sdílených segmentů sítě, a to s důrazem na prověření splnění přípustných agregací, stability a spolehlivosti datového provozu.

P3.4.1. Měřicí scénáře

Realizaci měření a ověřování kvalitativních parametrů NGA sítí lze v praxi předpokládat dle základních měřících scénářů, jejichž přehled je uveden na Obrázku P3.2. Měřicí cesta (označena jako measurement path) je navržena tak, aby byla schopna ověřit kvalitativní parametry mezi demarkačními body, ve valné většině případů mezi serverovou a terminálovou (klientskou) stranou.

Prvním demarkačním bodem je navrženo WAN rozhraní měřícího serveru (rozhraní s označením A1 – s veřejnou IPv4 i IPv6 adresou) a během jednotlivých měření nebude (až na specifické výjimky uvedené v kapitole P3.4.1.4) měněno.

Druhý demarkační bod bude umístěn v zákaznické síti, a to co nejbližší koncovému bodu sítě (rozhraní B1 – B7) tak, aby se ověřila kapacita přípojky, jak je více přiblíženo v následujících kapitolách. Po ověření kapacity koncového bodu sítě bude druhý demarkační bod postupně posouván směrem vzestupným k nadřazeným sdíleným segmentům sítě a to tak, aby se ověřily i kapacity nadřazených sdílených segmentů s ohledem na očekávanou kapacitu dle kapitoly P3.3.2. Pokud nebude v době měření zajištěna dostatečná kapacita segmentu (v souladu s kapitolou P3.3.2.1), je nutné nahradit první demarkační bod rozhraním terminálového měřícího zařízení v místě, ve kterém nebude nedostatečná kapacita úzkým hrdlem měření. V tomto případě je nutné tuto skutečnost uvést do záznamu, a to včetně informace o maximální propustnosti, které bylo dosaženo při nedostatečné kapacitě. Z této kapacity je následně možné kalkulovat maximální přípustnou míru agregace, respektive penetrace, která nebude ovlivňovat stabilní síťový provoz.



Obrázek P3.2: Měřicí scénáře – NGA síť - příklady

P3.4.1.1. Scénář A1 ↔ B1, A1 ↔ B2 či A1 ↔ B7

Tento scénář postihuje situace, kdy je zapotřebí měřit kapacitu koncového segmentu sítě, avšak koncový bod sítě není realizován typem rozhraní, které by bylo přímo dostupné na měřicím terminálu či rozhraní na měřicím terminálu není kompatibilní s danou sítí.

V tomto případě je přípustné využít zákaznický převodník, avšak je nutné dodržet podmínky stanovené v kapitole 2.1.3 odst. b) této Metodiky.

Je více než pravděpodobné, že měřicí terminál bude muset být schopen zahájit měření v rámci podsítě (subnetu) převodníku a bude muset být schopen si poradit s technologií NAT v případě obousměrného měření.

Pro měření budou převážně využívány následující typy měření:

1. Obousměrná (Bi-directional measurement) a jednosměrná měření (Uni-directional measurement)

Tento měřicí scénář je preferován v případě měření symetrických i asymetrických linek. Podmínkou je, že pokud měřicí terminál bude v případě IPv4 umístěn „tzv. za NATem“, musí být schopen inicializovat spojení v případě měření ve směru A1 → B1, respektive A1 → B2.

Při měření dle tohoto scénáře může být využito:

- současné měření sestupného i vzestupného kanálu
- jednosměrné měření sestupného či vzestupného kanálů
- sekvenční kombinace jednosměrných měření dle bodu b)

2. Měření ve smyčce (Round-trip measurement)

V tomto případě je serverová strana inicializována do režimu smyčky a slouží pouze k „otáčení“ síťového provozu. Tento scénář může být použit pro měření symetrických linek, případně asymetrických linek v případech, kdy nás zajímá úzké hrdlo obousměrného provozu.

3. Další možnosti pro překonání techniky NAT

Níže uvedené režimy umožňují využít techniku obousměrného měření dle bodu 1. Výjimkou je případ, kdy koncovému bodu sítě je přiřazena neveřejná IP adresa.

- a) Režim můstku (Bridge mode) – vytvoření agregované sítě ze dvou síťových segmentů
- b) Přesměrování portů (Port forwarding) - metoda směrování portů z jednoho síťového uzlu na druhý
- c) Umístění do demilitarizované zóny (DMZ) – umístění do fyzické nebo logické podsítě, která je z bezpečnostních důvodů oddělena od ostatních zařízení v podsíti

P3.4.1.2. Scénář A1 ↔ B3, A1 ↔ B4 či A1 ↔ B6

Tento scénář postihuje situace, kdy je zapotřebí měřit kapacitu koncového segmentu sítě a koncový bod sítě je realizován typem rozhraní, které je přímo dostupný na měřicím terminálu a zároveň je kompatibilní s danou sítí.

Pro měření budou převážně využívány následující typy měření:

1. Obousměrná (Bi-directional measurement) a jednosměrná měření (Uni-directional measurement)

Tento měřicí scénář je preferován v případě měření symetrických i asymetrických linek. Podmínkou je, že pokud měřicí terminál bude v případě IPv4 umístěn „tzv. za NATem“, musí být schopen inicializovat spojení v případě měření ve směru A1 → B3, respektive A1 → B4.

Při měření dle tohoto scénáře může být využito:

- a) současné měření sestupného i vzestupného kanálu
- b) jednosměrné měření sestupného či vzestupného kanálů
- c) sekvenční kombinace jednosměrných měření dle bodu b)

2. Měření ve smyčce (Round-trip measurement)

Tento měřicí scénář je obdobný jako v případě měřicího scénáře P3.4.1.1 bod 2.

3. Další možnosti pro překonání techniky NAT

Tento měřicí scénář je obdobný jako v případě měřicího scénáře P3.4.1.1 bod 3.

P3.4.1.3. Scénář A1 ↔ B5

V tomto scénáři již lze s vysokou pravděpodobností předpokládat, že demarkační bod bude realizován typem rozhraní, který je přímo dostupný na měřicím terminálu a zároveň je plně kompatibilní s rozhraním měřicího terminálu. V případě, že tomu tak někdy nebude, je zapotřebí využít převodník a zároveň dodržet podmínky stanovené v kapitole 2.1.3 odst. b) této Metodiky.

Dále lze s vysokou pravděpodobností předpokládat, že rozhraní těchto segmentů sítě již nebudou využívat technologii NAT. Pokud tato situace nastane, je zapotřebí postupovat v souladu s postupy uvedenými v předchozích odstavcích této přílohy.

Pro měření budou převážně využívány následující typy měření:

1. Obousměrná (Bi-directional measurement) a jednosměrná měření (Uni-directional measurement)

Tento měřicí scénář je preferován v případě měření symetrických i asymetrických linek.

Při měření dle tohoto scénáře může být využito:

- a) současné měření sestupného i vzestupného kanálu
- b) jednosměrné měření sestupného či vzestupného kanálů
- c) sekvenční kombinace jednosměrných měření dle bodu b)

2. Měření ve smyčce (Round-trip measurement)

Tento měřicí scénář je obdobný jako v případě měřicího scénáře P3.4.1.1 bod 2.

P3.4.1.4. Jiný scénář

Mohou nastat i situace, kdy nebude možné uplatnit jeden z výše uvedených základních scénářů. V takovém případě se využije scénář, který bude ekvivalentní dané situaci.

Může se jednat např. o případy, kdy:

- a) kapacita přípojných kapacit sdíleného segmentu je dimenzována na nižší míru penetrace než 100% a je zapotřebí ověřit kapacitu jednotlivých propojů k sub-segmentům. V tomto režimu se může využít např. měřících cest A2 → Bx
- b) je zapotřebí změřit kapacitu vyhrazené linky z místa A do místa B
- c) dochází k tunelování z IPv4 na IPv6 či naopak

P3.4.2. Ověření sdílených segmentů s ohledem na kapacitu a stabilitu přenosu dat

Při kontrole NGA sítí je zapotřebí ověřit jednotlivé dílčí sdílené segmenty, a to především s ohledem na to, zda dosahují alespoň takových parametrů, které by s velkou mírou pravděpodobnosti měly zaručit kvalitu a stabilitu jednotlivých NGA přípojek.

P3.4.2.1. Ověření kapacity

Ověření kapacity jednotlivých sdílených segmentů by mělo být realizováno pokud možno vzestupným směrem, tzn. nejprve je zapotřebí začít prověřením posledního sdíleného segmentu sítě (telekomunikační přípojky) a následně provést měření v nadřazených sdílených segmentech tak, aby došlo k řádnému ověření všech vstupních zdrojů příslušných sdílených segmentů NGA sítě. V odůvodněných případech je možné postupovat i jiným, pro daný případ vhodným způsobem.

Při měření musí být dodržena veškerá ustanovení daná touto metodikou, přičemž bude u ověřování kapacity jednotlivých sdílených segmentů preferováno měření dle ITU-T Y.1564. V případě využití standardu ITU-T Y.1564 bude toto měření v maximální možné míře koordinováno se správcem sítě.

V případě měření posledního sdíleného segmentu či „troubleshootingu“ sítě je možné využít i standard RFC6349, či jiné proprietární standardy, které ze standardu IETF RFC6349 vycházejí a rozšiřujího např. v oblasti dynamické změny TCP RWND, velikosti BS, apod. Avšak rozhodující v případě řešení sporů bude vždy měření na základě prostého standardu IETF RFC6349.

Je více než zjevné, že v případě měření jednotlivých sdílených segmentů nezatížená síť (síť bez provozu) nevytváří žádný problém s ověřením kapacity.

Avšak v případě měření již zatížená síť (s výjimkou posledního sdíleného segmentu) musí být ověřování kapacity koordinováno se správcem sítě, a to především s ohledem na skutečnost, že kapacita dané linky je již pravděpodobně částečně využita a proto při měření dojde k změření „nevytížená“ části kapacity. V takovém případě je relevantní požadovat po poskytovateli „odklonění síťového provozu“ jinou cestou (pokud je to možné) tak, aby mohlo být postupováno dle předchozího odstavce. Pokud tento postup není možný, pak je nutné od správce sítě získat data o průtoku danou linkou (v daný časový interval měření; se vzorkovací frekvencí max. 1x za minutu) získaná z diagnostiky jednotlivých síťových prvků. Hodnoty z těchto dat budou zprůměrovány a přičteny ke změřené hodnotě. Pokud data o průtoku danou linkou nebudou správcem sítě poskytnuta či nebude možné je z jakéhokoliv důvodu využít (nízká vzorkovací frekvence, apod.), pak zůstane kapacita dané linky nezměřena a za kapacitu této linky bude považována hodnota, zjištěná na základě administrativní kontroly sítě dle P3.3.

Při měření budou dodrženy veškerá ustanovení daná touto metodikou, přičemž u nezatížených sítí bude preferováno měření dle doporučení ITU-T Y.1564, zatímco u sítí v běžném provozu bude preferováno měření dle doporučení IETF RFC 6349. O měření bude pořízen měřicí protokol.

P3.4.2.2. Ověření stability

Stabilita přenosu dat bude ověřována a vyhodnocována průběžně během měření, a to na základě prahových hodnot, plně v souladu s definicí stability přenosu dat dle této přílohy.

P3.4.2.3. Další skutečnosti

Při ověřování jednotlivých sdílených segmentů sítě měřením je zapotřebí mít na paměti i další skutečnosti, které mohou zásadně ovlivnit měření. Jedná se např. o následující:

- a) topologie sítě nemusí být nutně stromové struktury a je zapotřebí jí věnovat zvýšenou pozornost, aby nedošlo k následné špatné interpretaci výsledků
- b) může nastat situace, kdy přípojná kapacita některého sdíleného segmentu nebude aktivními prvky či politikou sítě dimenzována pro 100% penetraci přípojek

P3.4.3. Měřicí systém

Měřicí systém pro ověřování NGA sítí dle této přílohy by měl splňovat požadavky na moderní, profesionální, hardwarový a garantovaný systém, který bude schopen v době udržitelnosti investic do NGA sítí operativním způsobem prověřovat schopnost těchto sítí dostát kvalitativním parametrům, které jsou na ně kladeny. Zároveň je při návrhu měřicího systému potřeba i respektovat následující současné požadavky:

- a) na měření pevných sítí, a to především v souladu s kapitolami 1.3.2. s 1.3.3 a 2
- b) na měření mobilních sítí, a to v souladu s metodikou měření mobilních sítí zveřejněnou na webových stránkách www.ctu.cz

P3.4.3.1. Serverová část

Serverová část měřicího systému by měla být koncipována jako modulární platforma s minimálně 8-mi hardwarovými moduly, které zajistí profesionální a garantované měření. Jednotlivé měřicí moduly musí být schopny pracovat nezávisle a také musí být schopny měřit přenosové parametry min. pomocí standardů IETF RFC 2544, ITU-T Y.1564, IETF RFC 6349 a MEF 23.1, z nichž vychází i tato Metodika. Modul bude vybaven jak metalickými tak i optickými rozhraními o nejvyšší linkové rychlosti min. 10 Gbit/s s tím, že licenčně může být tato rychlost dočasně snížena na 1 Gbit/s, avšak za předpokladu možnosti operativního následného softwarového upgradu. Ovládací software bude umožňovat vzdálenou správu celého systému a management jednotlivých měřicích modulů. Systém bude při realizaci připraven i na případnou instalaci modulů s 40 Gbit/s či 100 Gbit/s rozhraními.

P3.4.3.2. Terminálová část

Terminálovou část měřicího systému bude tvořit větší počet modulárních platform, do kterých bude možné umístit min. jeden měřicí hardwarový modul, který zajistí profesionální a garantované měření. Obdobně jako v kapitole P3.4.3.1., každý měřicí modul musí být schopen pracovat nezávisle, garantovaně a také musí být schopen měřit přenosové parametry min. pomocí metodologií IETF RFC 2544, ITU-T Y.1564, IETF RFC 6349 a MEF 23.1, ideálně na základě hardwarové akcelerace. Modul bude vybaven jak metalickými, tak i optickými rozhraními o nejvyšší linkové rychlosti

min. 10 Gbit/s s tím, že licenčně může být tato rychlost dočasně snížena na 1 Gbit/s, avšak za předpokladu možnosti operativního následného softwarového upgradu.

P3.4.3.3. Další součásti systému

Nezbytnou součástí systému by v souladu s kap. 1.3 této metodiky mělo být i vytvoření nezávislého Autonomního systému s dostatečnou propustností a připojením jednak do peeringového uzlu NIX (případně i peering.cz), tak i k tranzitní síti. Autonomní systém bude realizován pomocí spolehlivého BGP routingu s hraničním routerem, který umožní připojení k peeringovým partnerům rychlostí min. 2x 10 Gbit/s. Další součásti autonomního systému umožní připojení všech měřících modulů systému rychlostí min. 1 Gbit/s s možností operativního upgradu na rychlost min. 10 Gbit/s.

P3.4.3.4. Sdílení měřícího systému

Jelikož záměrem této metodiky je její všeobecné využití, měl by proto měřící systém umožnit i možnost ověřování parametrů NGA sítí i jiným subjektům než provozovateli systému (regulátorovi). Za tímto účelem bude na serverové straně uvolněno ke všeobecnému použití několik hardwarových modulů, které budou mít schopnost měřit kvalitativní parametry datových sítí s maximální propustností min. 1 Gbit/s.

Tento přístup by měl zajistit, aby každý provozovatel telekomunikační sítě či služeb měl možnost si ověřit parametry kvality vlastní telekomunikační sítě, a to dle této Metodiky v souladu s všeobecně uznávanými telekomunikačními standardy. Detailní specifikace, jakým způsobem bude možné jednotlivé měřící kapacity sdílet či jakým způsobem bude přístup veřejnosti k jednotlivým modulům systému realizován, bude upraveno ve zvláštním dokumentu.

Sdílení serverové části měřícího systému nabídne i možnost „certifikace“ zákaznických přípojek či delegování pravomocí ohledně ověřování kvalitativních parametrů NGA sítí.

P3.4.4. Vyhodnocení výsledků

Při vyhodnocení výsledků dle této přílohy je nezbytné hodnotit jak výsledky základních přenosových parametrů, tak i výsledky stability, spolehlivosti a dostupnosti datového provozu v síti.

P3.4.4.1. Vyhodnocení základních přenosových parametrů

Pro vyhodnocení základních parametrů datového přenosu sítě je zapotřebí, aby byly v celé síti splněny všechny parametry dané dle P3.2.8 odst. 1 – 6 (dále i „Základní přenosové parametry“), tzn. je zapotřebí, aby všechny sdílené segmenty měly takové přenosové parametry, které zajistí splnění Základních přenosových parametrů platných pro všechny NGA přípojky sítě.

V případě, že některý sdílený segment nebude poskytovat takové přenosové parametry, které zajistí splnění Základních přenosových parametrů pro všechny NGA přípojky sítě, pak takovou síť nelze považovat za NGA ve smyslu této přílohy a je nutné podniknout takové nezbytné kroky, které povedou k nápravě této skutečnosti.

P3.4.4.2. Vyhodnocení stability, spolehlivosti a dostupnosti

Jak již bylo uvedeno výše, pro vyhodnocení stability, spolehlivosti a dostupnosti datového přenosu sítě je zapotřebí, aby byly splněny parametry stability, spolehlivosti a dostupnosti ve všech sdílených segmentech sítě. V případě, že některý sdílený segment nevyhoví definici parametru stability, spolehlivosti či dostupnosti dle kapitoly P3.2.12, nelze takovou síť považovat za NGA ve smyslu této přílohy a je nutné podniknout takové kroky, které povedou k nápravě této skutečnosti.

P3.1.1.1. Praktická ukázka výsledků měření

Praktická ukázka výsledků měření bude součástí další verze této Přílohy.

P3.2. Seznam zkratek

- AP** - **A**ccess **P**oint – přístupový bod bezdrátové či jiné sítě
- CO** - **C**entral **O**ffice – místo, kde jsou soustředěna telekomunikační zařízení pro obsluhu určitého geografického územního celku
- CSW** - **C**entral (**C**ore) **S**Witch – centrální přepínač přístupové sítě
- DOCSIS**- **D**ata **O**ver **C**able **S**ervice **I**nterface **S**pecification – standard, který definuje rozšíření frekvenčního pásma koaxiálních kabelů pro přenos datových služeb
- FTTB** - **F**iber **T**o **T**he **B**uilding – optické vlákno do domu (bytu)
- FTTC** - **F**iber **T**o **T**he **C**abinet – optické vlákno do domu (bytu)
- FTTH** - **F**iber **T**o **T**he **H**ome – optické vlákno do domu (bytu)
- FWA** - **F**ixed **W**ireless **A**ccess – pevný bezdrátový přístupový spoj v poslední míli
- IO** - **I**ndividuální **O**právnění – oprávnění k využívání kmitočtů
- NNI** - **N**etwork to **N**etwork **I**nterface – rozhraní, které specifikuje signalizaci mezi dvěma sítěmi
- PON** - **P**assive **O**ptical **N**etwork – pasivní optická síť nevyžadující v celé délce vedení napájení
- POP** - **P**oint **O**f **P**resence – demarkační bod mezi dvěma komunikačními subjekty
- PtP** - **P**oint to **P**oint – síťová topologie, která vytváří spoj mezi dvěma body
- RR spoj**- **R**ádio-**R**eléový spoj – mikrovlnný spoj sloužící k přenosu dat pomocí modulace nosné vlny
- xDSL** - **D**igital **S**ubscriber **L**ine – skupina technologií sloužící k přenosu dat přes telefonní linku

5.4 Příloha P4 – verze 1.0 (platná od 1. 7. 2016)

Měření a analýza pevné komunikační sítě pro účely kontroly parametrů stávajících NGA sítí, které budou předmětem ochrany investic.

P4.1. Popis scénáře

V tomto scénáři se upravuje měření a analýza pevných komunikačních sítí pro účely kontroly parametrů a schopnosti přenosu dat stávajících pevných komunikačních sítí (tzn. sítí, které jsou již v provozu). V rámci této činnosti se předpokládá administrativní i faktická kontrola parametrů sítí nové generace (dále i „NGA síť“), které jsou již v provozu.

Pokud nebude v této příloze řečeno jinak, definice a pojmy v rámci této přílohy se řídí ustanoveními přílohy č. P3.

P4.2. Definice pojmů

P4.2.1. Přípojka sítě nové generace

Přípojkou sítě nové generace (dále i „NGA přípojka“) pro účely této přílohy budeme nazývat takovou telekomunikační přípojku, která splní následující podmínky:

- 1) Je technologicky neutrální (tzn. může být postavena na jakékoliv technologii)
- 2) Neomezuje žádnou službu poskytovanou prostřednictvím sítě Internet nad rámec zákonných a jiných předpisů a nařízení
- 3) Nabízí takovou přenosovou kapacitu, že je již v současné době schopna poskytnout průměrnou rychlost stahování dat (v sestupném směru) min. 30 Mbit/s (na 4. síťové vrstvě dle modelu ISO/OSI).
- 4) Je a bude do budoucna schopna stabilního provozu, a to dle standardu MEF 23.1, kategorie Performance Tier 1 Low, tzn., splňuje a bude do budoucna splňovat všechna kritéria spojená s parametry jako je ztrátovost paketů, zpoždění či kolísání zpoždění, apod.
- 5) Splňuje všechny další požadavky vyplývající z jiných relevantních či souvisejících předpisů a nařízení

P4.2.2. Minimální agregační křivka

Pro účely této přílohy budeme předpokládat, že minimální agregační křivku konstruujeme s koeficientem nárůstu ustáleného toku $C_T = 0,005$.

P4.2.3. Stabilní telekomunikační provoz

Stabilní telekomunikační provoz definujeme pomocí vybraných přenosových parametrů jako soubor pravidel, která nesmí být při stabilním telekomunikačním provozu porušena.

Vybranými přenosovými parametry dle ITU-T Y.1540, potažmo MEF 23.1 definujeme:

1. Zpoždění (Packet Delay - PD) - jednosměrné
2. Variace zpoždění (Packet Delay Variation - PDV)
3. Ztrátovost paketů (Packet Loss - PL)
4. Dostupnost (Availability)

Soubor pravidel výše uvedených vybraných přenosových parametrů definujeme v souladu s doporučením MEF 23.1 (dle kategorie Performance Tier 1 a úrovně Low), a to dle následující tabulky:

Parametr	Požadovaná hodnota
Zpoždění	≤ 37 ms
Variace zpoždění	není definována tímto dokumentem
Ztrátovost paketů	≤ 10 ⁻³
Dostupnost	není definována tímto dokumentem

Tab. P4.1 – Soubor pravidel stabilního provozu dle MEF 23.1 - Performance Tier 1 - Low

Výše uvedená definice souboru pravidel vybraných přenosových parametrů je platná za předpokladu IP provozu v síti, kdy vliv jednotlivých síťových vrstev na výše uvedené přenosové parametry sítě je možné při rozhodovacím procesu zanedbat.

Na jednotlivé parametry měření dle Tab. P4.1. budou aplikovány příslušné statistiky, a to plně v souladu s doporučením MEF 23.1.

P4.3. Administrativní kontrola sítě

Při administrativní kontrole bude postupováno obdobně, jako je uvedeno v kapitole P3.3.

P4.4. Postup ověřování sítě měřením

Při ověřování sítě měřením bude postupováno obdobně, jako je uvedeno v kapitole P3.4.

P4.5. Seznam zkratk

V této příloze nebyly uvedeny žádné nové zkratky.