

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2019

Karolína Šrůtková



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

GRAFICKÉ UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ PRO MĚŘENÍ PŘENOSOVÝCH PARAMETRŮ SÍTĚ

GRAPHICAL USER INTERFACE FOR NETWORK ASSESSMENT TOOL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Šrůtková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zdeněk Martinásek, Ph.D.

BRNO 2019

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Informační bezpečnost**

Ústav telekomunikací

Studentka: Karolína Šrůtková

ID: 194405

Ročník: 3

Akademický rok: 2018/19

NÁZEV TÉMATU:

Grafické uživatelské rozhraní pro měření přenosových parametrů sítě

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je navrhnout a implementovat grafické uživatelské rozhraní pro nástroj Network Assessment Tool, který slouží k měření síťových vlastností pro program Skype for Business (SFB). Tento nástroj je spouštěný z příkazové řádky a umožňuje provádět testy výkonu sítě pro SFB Online hovory a nalezení případných problémů (sítě, nastavení SFB atd.). Pomocí uživatelského rozhraní bude možné nastavit příslušné parametry testování a získané výsledky automaticky odesílat přes síť Internet poskytovateli služby k analýze (berte v úvahu odeslání reportu v unifikovaném formátu). V rámci teoretické části nastudujte možnosti měření výkonosti přenosové sítě a zaměřte se na nástroj Network Assessment Tool (parametry, analýza výsledků). Následně navrhnete a implementujete grafické uživatelské rozhraní. Funkčnost implementace otestujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] HALILI, Emily H. Apache JMeter: A practical beginner's guide to automated testing and performance measurement for your websites. Packt Publishing Ltd, 2008.

[2] ZHANG, Qian, et al. Peer-to-peer based network performance measurement and analysis system and method for large scale networks. U.S. Patent No 7,194,002, 2007.

Termín zadání: 1.2.2019

Termín odevzdání: 27.5.2019

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Martinásek, Ph.D.

Konzultant:

prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato práce se zaměřuje na návrh a implementaci grafického uživatelského prostředí pro nástroj Network Assessment Tool, který slouží k měření a vyhodnocení parametrů sítě pro správné fungování aplikace Skype for Business. Teoretická část popisuje vybrané přenosové parametry a problematiku testování sítí. Dále je zde rozebrána aplikace Skype for Business společně s nástrojem Network Assessment Tool. Praktická část se skládá z návrhu grafického uživatelského prostředí a následné vlastní implementace aplikace. Na závěr je funkčnost aplikace podrobně testována.

KLÍČOVÁ SLOVA

grafické uživatelské prostředí, Network Assessment Tool, přenosové parametry sítě, Skype for Business, testování sítí

ABSTRACT

This thesis is focused on design and implementation of graphical user interface for Network Assessment Tool which is used for measuring and evaluation of network parameters in order correct functionality of Skype for Business application. Theoretical part of the thesis describes chosen network parameters and network testing. Then this part covers information about Skype for Business and Network Assessment Tool. Practical part consists of the design and developing graphical user interface. Finally, the developed application is tested.

KEYWORDS

graphical user interface, measures of network parameters, Network Assessment Tool, network testing, Skype for Business

ŠRŮTKOVÁ, Karolína. *Grafické uživatelské rozhraní pro měření přenosových parametrů sítě*. Brno, 2018, 59 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Martinásek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Grafické uživatelské rozhraní pro měření přenosových parametrů sítě“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autorky

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce panu Ing. Zdeňku Martináskovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Tomáši Máchovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky k práci.

Brno

.....

podpis autorky

Obsah

Úvod	11
1 Měření přenosových parametrů	12
1.1 Zpoždění	12
1.2 Ztrátovost	13
1.3 Záměna pořadí	14
1.4 Metody testování přenosových parametrů	14
2 Skype for Business	18
2.1 Základní topologie pro SFB	18
2.2 Kvalita dat	19
3 Network Assessment Tool	24
3.1 Nastavení požadovaných parametrů	24
3.2 Testování výkonnosti sítě	24
3.3 Testování síťového připojení	25
3.4 Příkazy pro práci s nástrojem	26
4 Tvorba grafického uživatelského rozhraní	28
4.1 Zprovoznění Network Assessment Tool	28
4.2 Testování konfiguračních parametrů	28
4.3 Java	30
4.4 Vlastní návrh aplikace	32
4.5 Implementace grafického prostředí	36
4.6 Testování vytvořené aplikace	43
5 Závěr	46
Literatura	47
Seznam symbolů, veličin a zkratk	50
Seznam příloh	51
A Uživatelská příručka	52
B Příručka pro vývojáře	54
C Vyhodnocení dotazníku	55

Seznam obrázků

1.1	Jednoduchý model komunikačního kanálu	12
2.1	Skype for Business Online	20
2.2	Skype for Business On-prem	20
2.3	Skype for Business Hybrid	21
2.4	Přenos audio dat přes síť Microsoft	21
2.5	Přenos audio dat přes síť Microsoft a veřejnou telefonní síť	22
3.1	Spuštění aplikace <code>ResultsAnalyzer.exe</code>	26
4.1	Ověření funkčnosti Network Assessment Tool	29
4.2	Původní vlastní návrh aplikace	33
4.3	Vlastní návrh aplikace - záložka Testování a výsledky	34
4.4	Vlastní návrh aplikace - záložka Načtení a odeslání	35
4.5	Vlastní návrh aplikace - záložka Pokyny pro práci s aplikací	35
4.6	Vlastní návrh rozdělen do bloků - záložka Testování a výsledky	36
4.7	Vlastní návrh rozdělen do bloků - záložka Načtení a odeslání	37
4.8	Vlastní návrh rozdělen do bloků - záložka Pokyny pro práci s aplikací	37
4.9	Rozložení věkových skupin odpovídajících uživatelů	44
4.10	Podíl uživatelů instalujících a neinstalujících aplikaci Java	45
4.11	Podíl uživatelů, kteří měli a neměli problémy s odesláním souborů	45
C.1	Rozložení věkových skupin odpovídajících uživatelů	56
C.2	Podíl uživatelů instalujících a neinstalujících aplikaci Java	56
C.3	Číselné hodnocení srozumitelnosti uživatelské příručky	57
C.4	Číselné hodnocení intuitivnosti aplikace	57
C.5	Číselné hodnocení přehlednosti a srozumitelnosti aplikace	57
C.6	Podíl uživatelů, kteří měli a neměli problémy s odesláním souborů	58
C.7	Podíl uživatelů, kterým se zobrazily všechny výsledky a kterým nikoliv	58

Seznam tabulek

2.1	Hodnoty pro připojení SFB klienta k Microsoft Edge	22
2.2	Hodnoty pro připojení z firemní sítě k Microsoft Edge	23
3.1	Parametry konfiguračního souboru	25
4.1	Výsledky kabelového připojení se 4 iteracemi pro 90. percentil	31
4.2	Výsledky kabelového připojení s 8 iteracemi pro 90. percentil	31
4.3	Výsledky kabelového připojení s 12 iteracemi pro 90. percentil	31
4.4	Výsledky bezdrátového připojení se 4 iteracemi pro 90. percentil . . .	31
4.5	Výsledky bezdrátového připojení s 8 iteracemi pro 90. percentil	31
4.6	Výsledky bezdrátového připojení s 12 iteracemi pro 90. percentil . . .	32
4.7	Přehled zařízení využitých k testování aplikace	43
C.1	Přehled zařízení využitých k testování aplikace	56

Seznam výpisů

3.1	Přepnutí se do složky se soubory Network Assessment Tool	26
3.2	Spuštění hlavního souboru	26
3.3	Získání výsledků výkonnosti sítě	27
3.4	Získání výsledků síťového připojení	27
3.5	Získání výsledků síťového připojení ve verbose módu	27

Úvod

V dnešní době se na každém kroku setkáváme s různými typy komunikačních technologií. Abychom se mohli připojit přes naše zařízení k Internetu, musí být splněny určité požadavky pro rychlé a kvalitní spojení. Splnění požadovaných hodnot nám také dává možnost komunikovat přes různé aplikace v reálném čase s jinou osobou.

Hlavním cílem bakalářské práce je vlastní návrh a implementace grafického uživatelského rozhraní nástroje Network Assessment Tool, který slouží k měření přenosových parametrů sítě. Dílčí část práce spočívá v rozboru aplikace Skype for Business a v rozboru důležitých parametrů, které jsou přímo spjaty s rychlou, kvalitní a spolehlivou komunikací mezi dvěma nebo více osobami.

Teoretický úvod pojednává o přenosových parametrech datové sítě. Je zde rozebráno několik parametrů, které je důležité sledovat pro vyhodnocení kvality připojení k síti. Dále je zde zmíněno několik současně dostupných nástrojů k testování, způsobů testování a typů testování, které jsou potřebné k docílení získání výsledků měření.

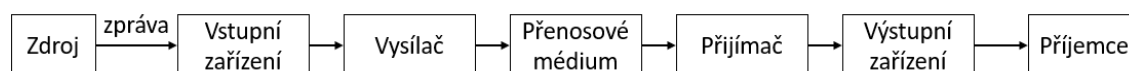
Další část se zaměřuje na aplikaci Skype for Business, která slouží ke komunikaci v reálném čase. Tato aplikace slouží především firmám, aby její zaměstnanci mohli rychle komunikovat uvnitř firemní sítě. Stěžejní část tvoří rozbor nástroje Network Assessment Tool, který byl vytvořen jako doplněk aplikace Skype for Business a slouží k měření a vyhodnocení přenosových parametrů sítě.

V praktické části je vyřešena problematika nástroje Network Assessment Tool pro koncové uživatele. Hlavním problémem pro uživatele je spouštění nástroje z příkazového řádku, změna jeho konfiguračních parametrů a následné zadání příkazů k jeho spuštění. Uživatelé poté volají na podporu poskytovatele o pomoc s ovládním nástroje. Z tohoto důvodu je v praktické části navrženo, implementováno a následně otestováno grafické uživatelské rozhraní, které bude sloužit k přehlednějšímu a rychlejšímu uživatelskému ovládním nástroje.

1 Měření přenosových parametrů

Prostřednictvím parametrů sítě lze určit síťovou výkonnost. Tyto parametry poskytují informace, na jejichž základě se vyhodnocuje celková kvalita sítě. V této práci budou popsány tři z hlavních přenosových parametrů - zpoždění, ztrátovost a záměna pořadí. Mezi další parametry patří například propustnost, šířka pásma, duplikace nebo bitová chybovost [1].

Aby bylo možné definovat přenosové parametry, musí existovat komunikační model, který umožní přenést zprávu od zdroje k příjemci a vyhodnotit přenosové parametry. Obr. 1.1 znázorňuje jednoduchý komunikační model mezi dvěma uživateli, kde komunikace probíhá pouze v jednom směru. Zdroj vyšle svoji zprávu, která musí projít přes vstupní zařízení a je následně přeložena vysílačem do vhodné podoby pro přenos přes médium. Poté je zpráva přenesena k přijímači, který ji přeloží zpět do stejné nebo podobné podoby, jakou měla vstupní data na začátku. Nakonec projde zpráva přes výstupní zařízení, které ji předá příjemci [2].



Obr. 1.1: Jednoduchý model komunikačního kanálu

1.1 Zpoždění

Zpoždění (anglicky delay nebo latency) označuje, jak velký je časový rozdíl mezi vysláním datové jednotky ze zdroje a jejím doručením k příjemci. Tento časový rozdíl můžeme nazvat jako reálnou dobu přenosu datové jednotky po určité trase. Zpoždění je měřeno v čase a závisí na délce trasy, velikosti datové jednotky, šířce pásma, propustnosti a provozu na trase. Zpoždění můžeme rozdělit na tři hlavní kategorie: podle příčiny nebo místa vzniku, podle místa měření a podle změny v čase [1, 2].

Podle příčiny a místa vzniku

Po cestě mezi zdrojem a cílem překonávají data několik uzlů (většinou směrovačů). V každém uzlu dochází k mnoha typům zpoždění dat. Mezi nejdůležitější zpoždění řadíme tyto čtyři typy [1]:

- zpoždění zpracováním (nodal processing delay) – jedná se o čas, který je vyžadován k prozkoumání hlavičky datové jednotky a rozhodnutí, kam dále jednotku poslat.

- Zpoždění ve frontě (queuing delay) – udává čas, který stráví datové jednotky při čekání ve frontě daných uzlů sítě.
- Přenosové zpoždění (transmission delay) – označuje čas, který je potřeba k poslání datové jednotky na síťový prvek.
- Zpoždění šíření dat (propagation delay) – určuje čas, který je potřebný k šíření datové jednotky mezi zdrojem a příjemcem.

Celkové zpoždění (total nodal delay) d_{spoje} [s] je vypočteno součtem všech zmíněných zpoždění, viz rovnice (1.1) [1, 3]:

$$d_{\text{spoje}} = d_{\text{zpracovani}} + d_{\text{fronty}} + d_{\text{prenosu}} + d_{\text{sireni}} \text{ [s]}. \quad (1.1)$$

Podle místa měření

U této kategorie rozpoznáváme dva typy zpoždění [1]:

- jednosměrné zpoždění nebo také „od konce ke konci“ (anglicky end-to-end) – udává součet zpoždění všech spojů na trase od zdroje k příjemci [1, 3].
- Obousměrné zpoždění (anglicky Round-Trip Time (RTT)) – jedná se o celkové zpoždění trasy tam a zpět. Určuje tedy čas, který trvá urazit datové jednotce cestu od zdroje k příjemci a nazpět ke zdroji [1].

Podle změny v čase

Tato kategorie popisuje kolísání zpoždění (anglicky delay variation). Jedná se o proměnný typ zpoždění, pro který se v českém jazyce používá anglický výraz Jitter. Kvůli kolísavému zpoždění se liší časy odeslání a přijetí jednotlivých datových jednotek. Jitter tedy udává změnu velikosti zpoždění v čase. Dochází k odchylce aktuálního zpoždění od střední nebo konstantní hodnoty zpoždění [1, 3, 4].

Za vznik Jitteru může odlišná cesta jednotlivých částí zprávy. Tyto části mohou cestovat od zdroje k příjemci několika cestami, které mohou vést přes jiné síťové prvky využívající jiných frontových mechanismů. Příjemce v cíli tak nepřijímá jednotlivé části zprávy se stejným časovým odstupem. Jitter je velmi důležitým parametrem u aplikací, jež přenáší data v reálném čase, např. Voice over IP (VoIP), Voice and Video over IP (VVoIP), IP Television (IPTV) nebo Video on Demand (VoD) [1, 4, 5].

1.2 Ztrátovost

Ztrátovost (anglicky packet loss) je způsobena zahlcením směrovačů a jejich nemožností obsloužit velké množství příchozích paketů najednou. Ztrátovost u aplikací využívající protokol TCP (Transmission Control Protocol) není příliš vysoká, protože

při ztrátě paketů dojde k jejich opětovnému zaslání, které způsobí pouze zpoždění přenášených dat. Naopak většina aplikací běžících v reálném čase používá protokol UDP (User Datagram Protocol), u kterého chybí mechanismus opětovného zaslání ztracené zprávy. Tyto aplikace tak tolerují určitou ztrátovost [5].

Speciálním příkladem ztrátovosti je ztrátovost, anglicky označována jako burst packet loss. V českém jazyce se pro tento typ ztrátovosti používá termín „shluková“ ztrátovost. Tato ztrátovost se tedy může definovat jako příliš velká ztrátovost, při které může docházet k úplnému přerušení přenosu především audiovizuálních dat [6].

1.3 Záměna pořadí

Záměna pořadí (anglicky re-ordering) je závislá na proměnném zpoždění. Kvůli tomuto zpoždění dochází k různým časům zpoždění vyslaných datových jednotek. První vyslaná jednotka může dosáhnout většího zpoždění než druhá vyslaná jednotka, a tak první jednotka dorazí k příjemci až po druhé vyslané jednotce. Došlo tak k záměně pořadí, které může být také způsobeno opětovným zasláním datové jednotky, která se při cestě k příjemci ztratila [1].

1.4 Metody testování přenosových parametrů

Testování je nezbytnou součástí jakéhokoliv vývoje, ať už se jedná o vývoj software nebo hardware. Testování stroje a jeho částí vyžaduje několik testovacích přístupů, aby bylo docíleno co nejobektivnějšího celkového zhodnocení. Důležitým testovacím přístupem k softwaru je výkonnostní testování, které otestuje výkonnost aplikace z různých úhlů pohledu. Následující text obsahuje stručný popis typů testování, způsoby testování a současně dostupných nástrojů, které se používají na testování přenosových parametrů.

Testování výkonnosti

Výkonnostní testování je definováno jako testování, které zhodnocuje spolehlivost systému a jeho částí s určitými výkonnostními požadavky. Cílem tohoto testování je identifikování problémů ještě dříve, než se vyskytnou v produkčním prostředí. Shromažďování dat při výkonnostních testech umožní vývojářům zaměřit se na zranitelná místa aplikace, a tak zajistit dodání kvalitního softwaru [7].

Zátěžové testování

Zátěžový test je typ výkonnostního testu, který se provádí za účelem zhodnocení celého systému nebo jeho komponent pod zvyšující se zátěží. Zátěží může být velký počet uživatelů přistupujících k systému v jednu chvíli nebo navyšující se počet příkazů k provedení. Na konci testování jsme schopni určit, jak velkou zátěž systém nebo jeho části unesou, aniž by poklesla jejich celková výkonnost [7].

Způsoby testování

Pro testování systému existuje několik způsobů testování. Zvolení konkrétního způsobu testování musí být dobře promyšleno. Záleží nejen na fázi, ve které bude systém testován, ale také na jeho složitosti a rozsahu. Výběr způsobu testování je také ovlivněn přáním zadavatele a schopnostmi dodavatele systému [8]. Nejběžnější způsoby testování jsou dva - testy podle úrovně znalostí systému a podle způsobu provedení.

Testy podle úrovně znalosti systému:

- **Black-box testy** - tester nemá žádné znalosti o vnitřní struktuře programu. K provedení testování mu stačí znát pouze vstupy a výstupy. Při testování by měl mít k dispozici testovací případy, které mu říkají, jak má při testování aplikace postupovat, jaké vstupy zadávat a jaké výstupy očekávat [9].
- **White-box testy** - tester zná celou vnitřní strukturu programu. K testování má k dispozici dokumentaci a zdrojový kód programu [10].
- **Grey-box testy** - jedná se o kombinaci black-box a white-box testů. Tester má znalosti o některých vnitřních strukturách programu, ale naopak tyto znalosti nejsou dostatečné, aby se jednalo o white-box testování. Tester ale ví, jak program funguje uvnitř, a tak ho může lépe otestovat black-box testem. [11].

Testy podle způsobu provedení:

- **Manuální testy** - tester provádí testování ručně podle testovacích scénářů. Přestože je manuální testování v mnoha případech dnes nahrazováno automatizovaným, má spoustu výhod. Například lze otestovat i náročnější části programu, které potřebují specifické vstupy, nebo naznačuje ovládání reálných uživatelů [12].
- **Automatizované testy** - testy nejsou prováděny testery, ale předem připravenými skripty. Toto testování je rychlejší a může být několikrát zopakováno. Tester tak nemusí zdlouhavě klikat do aplikace a soustředit se na složitější části programu [12].

Dostupné nástroje

Apache Bench

Testování webových stránek je jedno z nejpoužívanějších druhů testování. Webové stránky fungují díky HTTP (Hypertext Transfer Protocol) a HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) serveru, který se stará o celý jejich chod. Pro testování těchto serverů existuje nástroj Apache Bench, který slouží k testování zátěže a výkonnosti. Spouští se z příkazového řádku a jeho použití je velmi jednoduché i pro začátečníky. Rychlý zátěžový test umí provést do jedné minuty [13].

JMeter

JMeter je desktopová aplikace, která je navržena tak, aby měřila výkonnost a chování klientských nebo serverových aplikací. Jeho hlavní výhodou je volná distribuce a především to, že se jedná o open-source projekt, který je založen na programovacím jazyce Java. Aplikace dokáže změřit dobu odezvy, ale také vytížení CPU (Central Processing Unit) nebo využití paměti. JMeter je využíván hlavně pro automatizované testování, které firmám pomáhá při celkovém testování aplikace [7].

Siege

Siege je open-source projekt, který slouží k vykonávání regresních a výkonnostních testů. Tato aplikace dokáže testovat jednu URL (Uniform Resource Locator) adresu s definovaným počtem simulovaných uživatelů. Navíc umí přečíst mnoho URL adres do své paměti a zároveň je zatěžovat. Siege poté ukazuje celkový počet přenesených bajtů, časovou odezvu nebo souběžnost [14].

Httpperf

Httpperf je nástroj, který umí změřit výkonnost webového serveru nebo dokáže generovat různou zátěž pomocí HTTP. Nástroj se nezaměřuje na implementaci jednoho konkrétního výkonnostního testu, ale poskytuje vysokovýkonné testování. Mezi hlavní výhody nástroje patří jeho schopnost vytvářet a udržovat přetížení serveru a podpora HTTP/1.1 a SSL (Secure Sockets Layer) protokolů [15].

Webové aplikace

Většinu domácností zajímá, jak rychlé má připojení k Internetu. K tomu slouží celá řada na Internetu volně dostupných testovacích aplikací, tzv. speedmeterů. V mnoha případech nám tyto aplikace po dokončení testování ukáží detaily měření. Konkrétně se jedná o parametry rychlost stahování (download), rychlost nahrávání (upload)

a rychlost odezvy (ping). Měření by uživatelé měli provádět ve chvíli, kdy v zařízení neběží datově náročné operace [16]. Známé české speedmetry jsou dostupné na adresách www.netmetr.cz, www.lupa.cz nebo www.internetprovsechny.cz.

První zmiňovaný speedmeter je vyvíjen sdružením CZ.NIC, které je národním správcem domény. Funkčnost testu je založena na přesném měření maximální šířky pásma, která je k dispozici při připojení k Internetu. Toho je dosaženo zasláním několika paralelních datových toků přes oddělené TCP spojení v přesně stanoveném časovém intervalu. Přenesená data jsou tvořena z náhodně generovaných dat s vysokou entropií. Aby bylo možné testy provádět v prostředí, kde se vyskytují firewally a proxy servery, je nutné data přenášet pomocí TLS (Transport Layer Security) protokolu [17].

2 Skype for Business

Komunikace na velkou vzdálenost je dnes již nedílnou součástí našich životů. Moderní technologie umožňují lidem okamžitý přenos dat mezi sebou. Pro zajištění těchto služeb existuje mnoho nástrojů (např. email, Facebook, WhatsApp, Slack, atd.). Dalším z nich je aplikace Skype od společnosti Microsoft, která slouží jako komunikační nástroj pro bezplatné hovory a chat.

Toto řešení je dobré pro samostatné uživatele nebo malé firmy do dvaceti zaměstnanců. Avšak pokud chce vzdálenou komunikaci využívat větší firma, měla by využívat aplikaci Skype for Business (SFB). Tato aplikace slouží firmám k vytvoření online schůzky až pro 250 lidí, dovoluje spravovat účty svých zaměstnanců nebo poskytuje bezpečnostní ochranu. SFB je především dodáván jako součást služby Office 365, která umožňuje firmám a jejich zaměstnancům využívat aplikace a služby společnosti Microsoft, včetně sdílení dokumentů odkudkoli a okamžité synchronizace [18].

2.1 Základní topologie pro SFB

Pro kvalitní fungování SFB je zapotřebí správně nastavit síťovou topologii SFB Serveru. Firma, která chce používat SFB, musí zvážit, zda bude SFB prostředí pouze v prostorách firmy (tzv. on-prem řešení) nebo zda zkombinuje první možnost s cloudovým řešením, tedy se SFB Online serverem. SFB prostředí se může skládat z více serverů, avšak pro účely této práce budou rozebrány pouze Front End a Edge servery [19].

Front End Server

Front End Server zaujímá nejdůležitější roli v topologii, protože na něm běží spousta základních funkcí SFB Serveru. Front End Server zodpovídá například za uživatelskou registraci a autentizaci, za služby adresáře a jeho rozšíření, za fungování různých typů konferencí nebo za webové komponenty, které podporují webový diář nebo plánovač. Front End Server v produkci také spouští Central Management Server, který se stará o základní konfiguraci dat, kterou poté nasazuje na všechny běžící SFB Servery. Front End Server musí být vždy součástí vytvářené síťové topologie.

Pokud máme několik Front End Serverů, které jsou nastaveny stejně, tvoří tzv. Front End pool. Front End Servery v tomto případě pracují společně a poskytují služby pro běžné skupiny uživatelů. Front End pool poskytuje rozšiřitelnost a schopnost převzít službu při selhání [19].

Edge Server

Edge Server umožňuje uživatelům uvnitř firmy spolupracovat a komunikovat s uživateli mimo firemní síť. Tito externí uživatelé mohou zahrnovat zaměstnance, kteří pracují mimo prostory své firmy, uživatele, kteří jsou z partnerských organizací, nebo kohokoliv, kdo byl pozván na konferenční hovor.

Zavedení Edge Serveru poskytne uživatelům používat také mobilní služby, jako jsou zasílání a odesílání zpráv nebo prohlížení kontaktů. Navíc jsou k dispozici hlasové služby, které umožní uživatelům zúčastnit se konference jedním kliknutím, zavolat jinému uživateli, zaslat hlasovou zprávu nebo vidět zmeškané hovory [19].

Typy SFB řešení

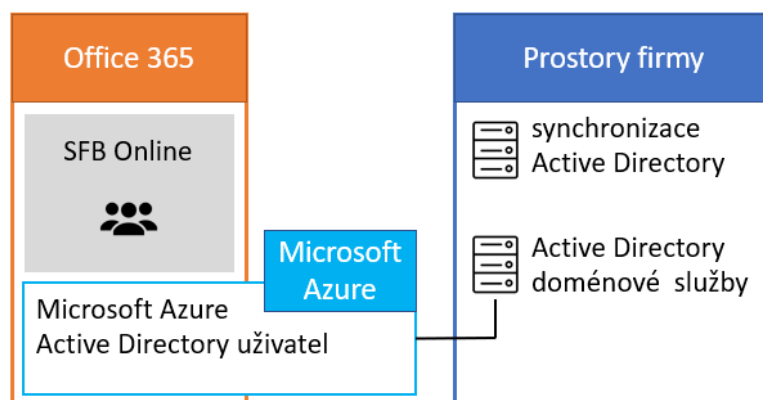
Před tím, než se firma rozhodne využívat SFB, musí si zvolit, jaký typ SFB řešení bude používat. Existují tři kategorie řešení [20]:

- **Skype for Business Online** (obr. 2.1) - tento model si firma vybere, pokud chce využívat software jako službu. IT administrátoři dané firmy mají přístup do služby Office 365, odkud mohou spravovat všechny uživatele firmy a starat se o samotnou SFB infrastrukturu. V tomto typu prostředí může firma využívat soukromou i veřejnou telefonní síť.
- **Skype for Business On-prem** (obr. 2.2) - s tímto modelem si firma sama plánuje, nasazuje, udržuje a nastavuje SFB prostředí v data centru, které spravuje. Veškerá data jsou tak pod firemní kontrolou.
- **Skype for Business Hybrid** (obr. 2.3) - tento model prezentuje kombinaci dvou předešlých modelů. Firmě je umožněno vzít služby SFB Online modelu a aplikovat je do celkového SFB řešení. Navíc firma může přesunovat uživatele do cloudového úložiště podle jejího uvážení.

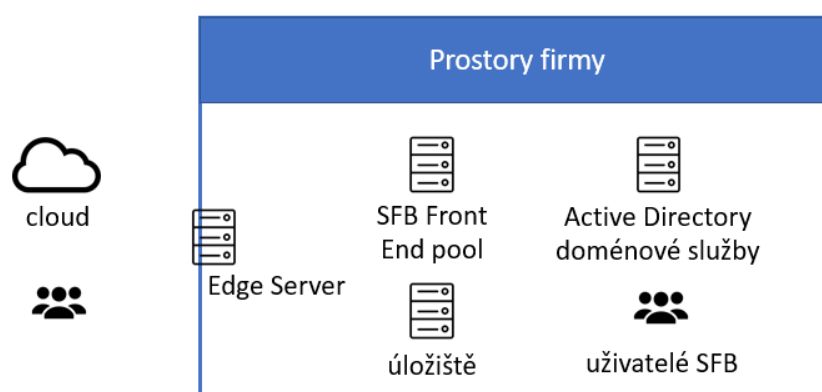
Firma, která si vybrala využívat SFB Online model nebo hybridní řešení, musí mít zaveden Azure Active Directory, který slouží ke správě uživatelů a tvorbě zásad přístupů. Tato služba může fungovat jak v cloudu, tak v prostorách firmy nebo na mobilní platformě. Služba je vhodná pro všechny firmy, které chtějí bezpečně spolupracovat se zákazníky, efektivně snižovat náklady na technickou podporu a mít svá data v bezpečí [21].

2.2 Kvalita dat

Kvalitní přenos dat je pro správné fungování SFB stěžejní. Pro firmu využívající SFB je velmi důležité, aby přenos mezi její vnitřní sítí a SFB data centrem dosahoval optimálních hodnot. Nejlepším způsobem, jak těchto hodnot docílit, je nastavit firemní síť tak, aby splňovala definované požadavky na výkonnost sítě a síťové připojení.



Obr. 2.1: Skype for Business Online



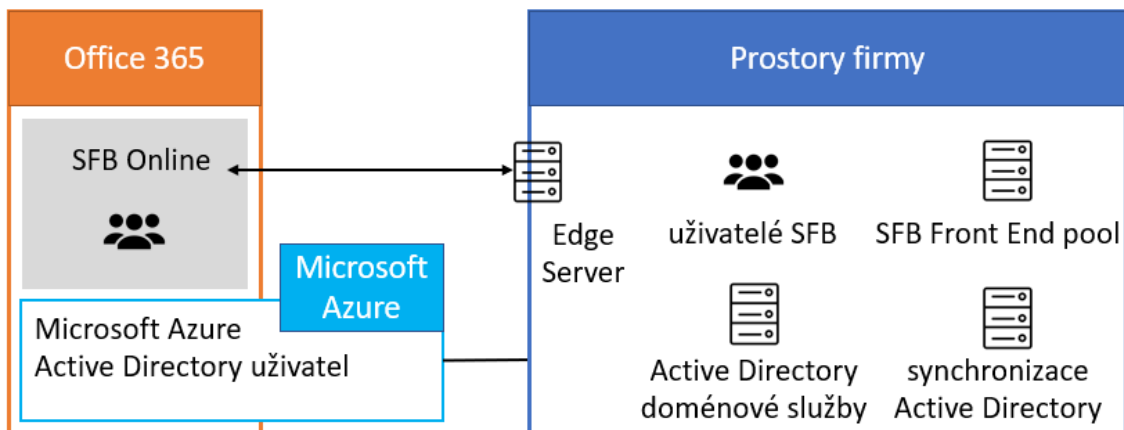
Obr. 2.2: Skype for Business On-prem

Síťové připojení SFB

Data přenášená v reálném čase (např. audio, video, sdílení aplikace) vyžadují určité požadavky na síťové připojení, aby mohla být spolehlivě a bez větších problémů přenášena. Síťové připojení není ovlivněno pouze sítí, ve které probíhá přenos dat, ale navíc je závislé na prostředí, ve kterém se klient nachází, a na zařízení, které je k přenosu dat použito. Důležité je nastavení kvality služeb (anglicky Quality of Service (QoS)), které dokáže upřednostnit námi žádaná audiovizuální data a předejít tak degradaci spojení [6].

Výkonnost sítě SFB

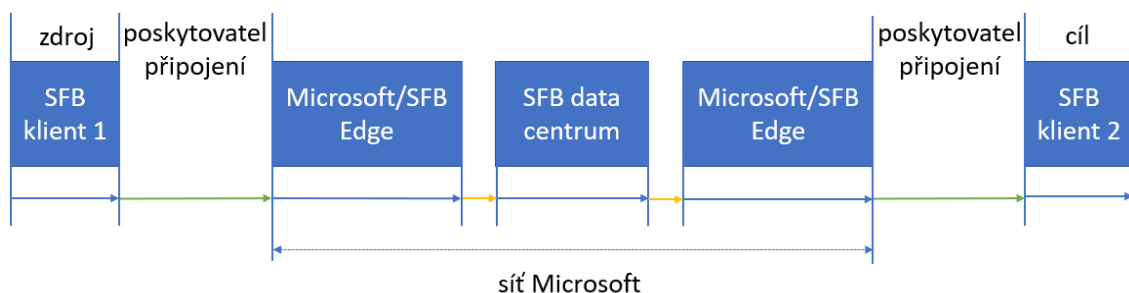
Jakákoliv data, která se posílají v reálném čase, musí překonat mnoho různých sítí, serverových softwarů, zařízení a klientských aplikací. Tato obtížná cesta způsobuje fakt, že spojení nemusí podávat požadovanou výkonnost. Výkonnost sítě tak velmi záleží na této cestě.



Obr. 2.3: Skype for Business Hybrid

Na následujících obrázcích 2.4 a 2.5 jsou zachycena bloková schémata reprezentující cestu audio dat přes datovou síť. V prvním případě jsou oba dva klienti napojeni do sítě Microsoft, v druhém případě je první klient napojen do téže sítě, ale druhý klient využívá veřejnou telefonní síť [6].

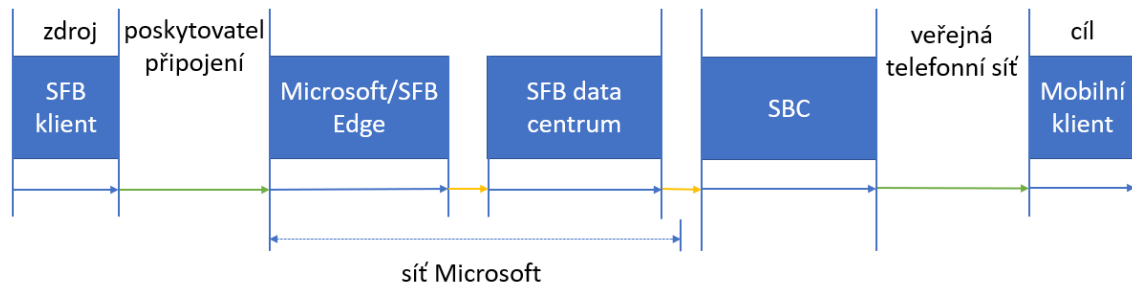
Obrázek 2.4 zobrazuje jednosměrný tok dat od jednoho klienta ke druhému, přičemž oba dva využívají SFB. Klient č. 1 se nejdříve připojí do sítě Microsoft přes Wi-Fi nebo Ethernet. Dále se uskuteční spojení uvnitř sítě Microsoft, které probíhá mezi Microsoft/SFB Edge a SFB data centrem. Poté jsou data přenášena z SFB data centra opět k Microsoft/SFB Edge, který je blíže klientovi č. 2. Nakonec jsou data poslána ze sítě Microsoft směrem ke klientovi č. 2 [6].



Obr. 2.4: Přenos audio dat přes síť Microsoft

Schéma na obrázku 2.5 ilustruje rozdělení prvků a síťových segmentů při SFB hovoru přes veřejnou telefonní síť. Nejdříve klient, např. na počítači, využívající SFB zašle data do sítě Microsoft, opět pomocí Wi-Fi nebo Ethernetu. Následně dojde k přenesení dat mezi Microsoft/SFB Edge a SFB data centrem. Na rozdíl od prvního případu jsou data dále přenesena ze SFB data centra do veřejné telefonní

sítě přes poskytovatele veřejné telefonní sítě a jeho relační kontrolér (anglicky Session Border Controller (SBC)) [6].



Obr. 2.5: Přenos audio dat přes síť Microsoft a veřejnou telefonní síť

Z obou obrázků je zřejmé, že data se nepohybují pouze po jedné určité trase. K tomu je zapotřebí sestavit síťovou topologii tak, aby byla výkonnost sítě co nejvyrovnanější a požadovaná data byla přenesena s co nejvyšší kvalitou. Aby bylo možné zjistit, zda jsou splněny podmínky pro kvalitní přenos dat a výkonnost sítě, Microsoft vydal přehled parametrů a jejich optimálních hodnot [6].

Tab. 2.1 zachycuje optimální hodnoty, které musí být splněny, pokud zjišťujeme připojení mezi zařízením klienta využívajícího SFB a Microsoft Edge. Tyto hodnoty jsou definovány pro část sítě, která zahrnuje jakýkoliv přenos přes vnitřní firemní síť, včetně připojení Wi-Fi nebo Ethernetu [6].

Tab. 2.1: Hodnoty pro připojení SFB klienta k Microsoft Edge

Parametr	Požadovaný výsledek
Zpoždění (jeden směr)	< 50 ms
Zpoždění (RTT)	< 100 ms
Shluková ztrátovost	< 10 % během 200 ms intervalu
Ztrátovost	< 1 % během 15 s intervalu
Jitter	< 30 ms během 15 s intervalu
Záměna pořadí	< 0,05 % nefungujících paketů

Tab. 2.2 zobrazuje hodnoty, které jsou optimální pro přenos mezi firemní sítí a Microsoft Edge. Toto spojení se liší od předchozího tím, že se hodnoty nevztahují k přenosu z klientova zařízení, ale z celé firemní sítě, konkrétně z firemního edge serveru [6].

Tab. 2.2: Hodnoty pro připojení z firemní sítě k Microsoft Edge

Parametr	Požadovaný výsledek
Zpoždění (jeden směr)	< 30 ms
Zpoždění (RTT)	< 60 ms
Shluková ztrátovost	< 1 % během 200 ms intervalu
Ztrátovost	< 1 % během 0,1 s intervalu
Jitter	< 15 ms během 15 s intervalu
Záměna pořadí	< 0,01 % nefungujících paketů

3 Network Assessment Tool

Uživatelé, kteří komunikují přes SFB mohou mít při hovoru značné výpadky, a dokonce v některých případech nemusí k samotnému hovoru vůbec dojít. Aby bylo možné zaznamenat a vyhodnotit přenosové parametry sítě související s aplikací SFB, kterými uživatelé disponují, společnost Microsoft vyvinula samostatně spustitelný nástroj s názvem Network Assessment Tool. Tento nástroj poskytuje jednoduchý test sítě, na jehož konci jsou zobrazeny výsledky jak výkonnosti sítě, tak síťového připojení.

Vlastní testování se skládá z několika iterací, které jsou nastaveny uživatelem. Při každé iteraci se zařízení snaží zaslat 849 paketů k nejbližšímu Microsoft Edge serveru. Zaslání trvá zhruba 17 sekund pro každou iteraci. Iterace neprobíhají zároveň, ale vždy jedna po druhé [22]. Výchozí nastavení aplikace je uvedeno v tab. 3.1 [23].

3.1 Nastavení požadovaných parametrů

Pokud chce uživatel nastavit jiné hodnoty parametrů pro testování musí editovat soubor s názvem `NetworkAssessmentTool.exe.config`. Jedná se o konfigurační soubor ve formátu XML (eXtensible Markup Language), ve kterém jsou definovány parametry uvedené v tab. 3.1. Pokud u souborů není napsána absolutní cesta, ale pouze název souboru, soubory jsou automaticky ukládány do uživatelské složky `AppData\Local\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool`. K editaci konfiguračního souboru musí mít uživatel dostatečná práva, aby mohl soubor měnit a ukládat [23].

3.2 Testování výkonnosti sítě

K tomuto testování je zapotřebí nastavit počet iterací. Je doporučeno provádět měření každých 10 minut v rámci několika hodin. V tomto testování se posílají audio pakety k nejbližšímu Microsoft Edge tam i zpět po dobu 17 sekund pro každou iteraci. Nástroj se snaží během 17 sekund zatížit Microsoft Edge co nejvíce. Data jsou sbírána pro zjištění ztrátovosti, Jitteru, RTT zpoždění a procentuální záměny pořadí pro každý hovor [22].

Výsledky testování jsou uloženy ve výchozím nastavení do souboru s názvem `performance_results.tsv`. Pokud bychom chtěli dostat výsledné vyhodnocení výkonnosti, tedy zda celkový test prošel nebo neprošel, využijeme k tomu aplikaci příkazového řádku `ResultsAnalyzer.exe` zobrazenou na obr. 3.1, která je součástí Network Assessment Tool. Tato aplikace porovná získané hodnoty s optimálními

Tab. 3.1: Parametry konfiguračního souboru

Název	Výchozí hodnota	Popis
Relay.IP	„13.107.64.2“	IP adresa Media serveru.
Relay.UDPPort	„3487“	UDP port určený pro spojení s Media serverem.
Relay.TCPPort	„443“	TCP port určený pro spojení s Media serverem.
NumIterations	„1“	Počet iterací.
ResultsFilePath	„performance_results.tsv“	Soubor, kam se ukládají výsledky testování výkonnosti sítě.
Delimiter	„ “	Oddělovač sloupců v souboru specifikovaném v ResultFilePath.
IntervalInSeconds	„5“	Interval mezi jednotlivými iteracemi
OutputFilePath	„connectivity_results.txt“	Soubor, kam se ukládají výsledky testování síťového připojení.

v tab. 2.1 a tab. 2.2 a poté ukáže konečný výsledek, který je vyjádřen jako 90. percentil z naměřených hodnot [23].

3.3 Testování síťového připojení

Tento typ testování ověřuje síťové spojení mezi uživatelem a sítí Microsoft. Zjišťuje, zda jsou síťové prvky nakonfigurovány tak, aby byla umožněna komunikace s IP adresami a porty potřebných pro hovory SFB. Pro správné spojení musí být dostupné IP adresy 13.107.64.0/18 a 52.112.0.0/14. Tyto adresy reprezentují SFB Online servery, které jsou nejvíce citlivé na výkon, zpoždění a dostupnost, a jsou k dispozici v data centrech Microsoftu. Test využívá transportních protokolů TCP a UDP [22, 24, 25].

Výsledné hodnocení je zapsáno v souboru `connectivity_results.txt`. Jedná se o textový soubor, ve kterém je vypsáno, zda bylo síťové připojení vyhodnoceno jako úspěšné nebo neúspěšné. Pro zjištění síťového připojení k jednotlivým IP adresám použijeme příkaz `/verbose`. V souboru jsou poté zapsány jednotlivé IP adresy a jejich výsledný stav připojení [23].

```

Skype for Business - Network Assessment Tool - Results Analyzer
Input file:          C:\Program Files (x86)\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool\performance_results.tsv
Total rows read:    1
Total rows skipped: 0
Total rows processed: 1

90th percentile values per metric:
Packet loss rate:   0,117785630153121%
RTT latency:       18,5
Jitter:            10,27301
Packet reorder ratio: 0%

If this is a Skype for Business Client machine connecting to the Microsoft network Edge:
Packet loss rate:   PASSED
RTT latency:       PASSED
Jitter:            PASSED
Packet reorder ratio: PASSED

If this is a network Edge connecting to the Microsoft network Edge:
Packet loss rate:   FAILED
RTT latency:       PASSED
Jitter:            PASSED
Packet reorder ratio: PASSED

```

Obr. 3.1: Spuštění aplikace ResultsAnalyzer.exe

3.4 Příkazy pro práci s nástrojem

Pro práci s nástrojem Network Assessment Tool je použit příkazový řádek. Nástroj je ve výchozím nastavení uložen do adresáře C:\Program Files (x86)\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool. Odtud se spouští hlavní aplikace NetworkAssessmentTool.exe. Výsledky připojení a výkonnosti se ukládají do adresáře s cestou C:\Users\Jméno_uživatele\AppData\Local\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool, kde Jméno_uživatele je jméno klienta uložené v zařízení, které používá [23].

Spuštění příkazového řádku a zadání několika příkazů do něj může uživatelům dělat velké problémy. Navíc si pro své potřeby testování musí nastavit parametry v konfiguračním souboru. Poté volají na podporu poskytovatele a žádají o pomoc s ovládním nástroje. Tento problém bude vyřešen v následující části práce pomocí vytvoření grafického uživatelského rozhraní k tomuto nástroji.

Výpis 3.1: Přepnutí se do složky se soubory Network Assessment Tool

```
cd "C:\Program Files (x86)\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool"
```

Výpis 3.2: Spuštění hlavního souboru

```
NetworkAssessmentTool.exe
```

Výpis 3.3: Získání výsledků výkonnosti sítě

```
ResultsAnalyzer.exe  
"C:\Users\Jmeno_uzivatele\AppData\Local\Microsoft_  
Skype_for_Business_Network_Assessment_  
Tool\performance_results.tsv"
```

Výpis 3.4: Získání výsledků síťového připojení

```
NetworkAssessmentTool.exe /connectivitycheck
```

Výpis 3.5: Získání výsledků síťového připojení ve verbose módu

```
NetworkAssessmentTool.exe /connectivitycheck /verbose
```

4 Tvorba grafického uživatelského rozhraní

V praktické části bakalářské práce bude realizován návrh, implementace a konečné testování grafické aplikace pro nástroj Network Assessment Tool. Nejdříve je potřeba vytvořit experimentální pracoviště, ve kterém bude spuštěn Network Assessment Tool. Dále bude ověřena funkčnost nástroje, při které dojde k několikanásobnému měření parametrů pro bezdrátovou síť i pro síť připojenou pomocí kabelu. Výsledky testování poskytnou dobrý přehled hodnot konfiguračních parametrů, které se budou moci změnit pomocí grafického prostředí. Také zde bude navržen vlastní finální vzhled aplikace. Dále bude toto grafické rozhraní zcela implementováno a nakonec bude otestována jeho funkčnost.

4.1 Zprovoznění Network Assessment Tool

Na začátku bylo nutné zprovoznit experimentální pracoviště, kde bude návrh grafického prostředí probíhat. Toto pracoviště nevyužívá žádné virtuální jednotky, protože nástroj nevyžaduje žádné speciální nastavení nebo prostředí. Experimentální pracoviště tak zahrnuje pouze notebooku s 64bitovým operačním systémem Windows 10 Home využívající procesor Intel Core i7-6500U s frekvencí 2.6 GHz a s velikostí operační paměti 16 GB.

Pro správnou funkčnost nástroje Network Assessment Tool není potřeba mít nainstalovanou aplikaci Skype for Business, protože se jedná o samostatný programový nástroj, který pouze pomáhá zjistit přenosové parametry sítě pro správnou funkčnost SFB. Nástroj Network Assessment Tool není součástí výchozí instalace operačního systému Windows ani součástí aplikací Skype nebo Skype for Business, a proto je potřeba si ho stáhnout ze stránek firmy Microsoft z adresy www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=53885. Instalace nástroje je rychlá a výsledný soubor zaujímá velikost necelých 25 MB. Nainstalovaný nástroj se spouští přes příkazový řádek pomocí výše zmíněných příkazů v kapitole 3.4. Funkčnost nástroje byla ověřena tím, že se spustil a začal měřit parametry sítě v jedné iteraci, jak můžeme vidět na obr. 4.1.

4.2 Testování konfiguračních parametrů

Při návrhu grafického prostředí jsou brány v úvahu hodnoty konfiguračního souboru z tab. 3.1, které bude uživatel moci měnit a které nikoliv.

```

C:\Program Files (x86)\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool>Ne
tworkAssessmentTool.exe
Skype for Business - Network Assessment Tool

Initializing audio call.

*****
Starting new call
Iteration 1 / 1

Audio call started. Waiting for call to end...
Call should end shortly after configured duration of 17 s.

Call completed.
Packet loss rate:      0,00236127508854782
RTT latency:          37,5 ms
Packets sent:         847
Packets received:     845
Average jitter:       8,875692 ms
Packet reorder ratio: 0
*****
Result has been written to: C:\Program Files (x86)\Microsoft Skype for Busines
s Network Assessment Tool\performance_results.tsv

C:\Program Files (x86)\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool>

```

Obr. 4.1: Ověření funkčnosti Network Assessment Tool

Počet iterací

Jedním z parametrů, které by uživatel mohl měnit, je počet iterací. V následujícím testu bude ověřen vliv počtu iterací na přesnost zjištěných informací o parametrech sítě. Pro ověření vlivu počtu iterací bylo stanoveno šest testovacích scénářů s několika iteracemi a s různým typem připojení:

1. Bezdrátové připojení se 4 iteracemi.
2. Bezdrátové připojení s 8 iteracemi.
3. Bezdrátové připojení s 12 iteracemi.
4. Kabelové připojení se 4 iteracemi.
5. Kabelové připojení s 8 iteracemi.
6. Kabelové připojení s 12 iteracemi.

Bezdrátové připojení bylo uskutečněno pomocí Wi-Fi připojení v domácí síti s rychlostí stahování 35 Mb/s, rychlostí nahrávání 5 Mb/s a dobou odezvy 11 ms. Kabelové připojení bylo realizováno v téže domácí síti pomocí síťového kabelu Datacom CAT6. V této síti byla rychlost stahování 51 Mb/s, rychlost nahrávání 5 Mb/s a doba odezvy 11 ms.

V následujících tabulkách 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 a 4.6 jsou zaznamenány naměřené hodnoty z provedených testovacích scénářů. Tabulky obsahují také vyhodnocení testování. V případě, že hodnoty parametrů splňovaly podmínky z tab. 2.1 a 2.2, bylo k nim do tabulky zapsáno „Úspěšné“. Naopak při nesplnění podmínek bylo do tabulky zapsáno „Neúspěšné“.

Z měření můžeme usuzovat, že počet iterací hraje důležitou roli při zjišťování vlastností parametrů sítě. Jak plyne z tab. 4.5 a z tab. 4.3, více iterací nám ukázalo některé problémové části sítě. Avšak hodnoty v tab. 4.4 nepřinesly problémy žádné. Proto při tvorbě grafického prostředí bude umožněno nastavit vyšší počet iterací z důvodu přesnějšího zjištění vlastností parametrů sítě. Konkrétně bude uživatel moci nastavit počet iterací na 20, aby se mohl dále ujistit o přesnosti informací. Navíc bude uživateli umožněno nastavit pouze jednu iteraci, aby si mohl vyzkoušet, zda nástroj správně funguje a ukazuje mu nějaké výsledky. Kabelové připojení ukazovalo stabilnější výsledky měření než tomu bylo u bezdrátového připojení. Pro jakýkoliv přenos multimediálních dat se obecně doporučuje kabelové připojení.

Cílové umístění souborů

Dalšími konfiguračními hodnotami, které bude uživatel moci měnit, jsou cílová umístění souborů definované u parametrů `ResultsFilePath` a `OutputFilePath`. Uživatel si může nastavit cestu k souborům včetně jejich jmen. Změna těchto parametrů bude umožněna z důvodu lepší orientace uživatele v systému, ale také kvůli řízenému přístupu k jednotlivým složkám ve firemním zařízení. Nebude tak docházet k tomu, že uživatel nebude mít přístup do složky, ve které se potřebné soubory nachází.

Ostatní konfigurační parametry

Hodnoty ostatních konfiguračních parametrů nebudou uživateli povoleny v grafickém prostředí měnit. Hlavním důvodem je fakt, že IP adresa a oba dva porty slouží ke spojení s Media serverem, který nemá jiné hodnoty pro nastavení. Také oddělovač sloupců musí být vždy tabulátor, protože formát souborů `.tsv` tento oddělovač vyžaduje. Interval mezi jednotlivými iteracemi není nutné měnit, protože nám tato hodnota udává pouze přestávku mezi jednotlivými iteracemi a nemá vliv na přesnost měřených parametrů.

4.3 Java

Implementace grafického prostředí bude realizována pomocí programovacího jazyku Java v prostředí Eclipse. Java je objektově orientovaný programovací jazyk vytvořen

Tab. 4.1: Výsledky kabelového připojení se 4 iteracemi pro 90. percentil

Parametry	Hodnoty	SFB klient	firemní síť
Ztrátovost [%]	0,3533	Úspěšné	Neúspěšné
Zpoždění (RTT) [ms]	47	Úspěšné	Úspěšné
Jitter [ms]	11,78	Úspěšné	Úspěšné
Záměna pořadí [%]	0	Úspěšné	Úspěšné

Tab. 4.2: Výsledky kabelového připojení s 8 iteracemi pro 90. percentil

Parametry	Hodnoty	SFB klient	firemní síť
Ztrátovost [%]	0,2359	Úspěšné	Neúspěšné
Zpoždění (RTT) [ms]	44,5	Úspěšné	Úspěšné
Jitter [ms]	11,33	Úspěšné	Úspěšné
Záměna pořadí [%]	0	Úspěšné	Úspěšné

Tab. 4.3: Výsledky kabelového připojení s 12 iteracemi pro 90. percentil

Parametry	Hodnoty	SFB klient	firemní síť
Ztrátovost [%]	0,3536	Úspěšné	Neúspěšné
Zpoždění (RTT) [ms]	58,2	Úspěšné	Úspěšné
Jitter [ms]	13,80	Úspěšné	Úspěšné
Záměna pořadí [%]	0	Úspěšné	Úspěšné

Tab. 4.4: Výsledky bezdrátového připojení se 4 iteracemi pro 90. percentil

Parametry	Hodnoty	SFB klient	firemní síť
Ztrátovost [%]	0,3533	Úspěšné	Neúspěšné
Zpoždění (RTT) [ms]	53,5	Úspěšné	Úspěšné
Jitter [ms]	12,09	Úspěšné	Úspěšné
Záměna pořadí [%]	0	Úspěšné	Úspěšné

Tab. 4.5: Výsledky bezdrátového připojení s 8 iteracemi pro 90. percentil

Parametry	Hodnoty	SFB klient	firemní síť
Ztrátovost [%]	0,3533	Úspěšné	Neúspěšné
Zpoždění (RTT) [ms]	46,5	Úspěšné	Úspěšné
Jitter [ms]	15,07	Úspěšné	Neúspěšné
Záměna pořadí [%]	0	Úspěšné	Úspěšné

Tab. 4.6: Výsledky bezdrátového připojení s 12 iteracemi pro 90. percentil

Parametry	Hodnoty	SFB klient	firemní síť
Ztrátovost [%]	0,3533	Úspěšné	Neúspěšné
Zpoždění (RTT) [ms]	51,5	Úspěšné	Úspěšné
Jitter [ms]	18,00	Úspěšné	Neúspěšné
Záměna pořadí [%]	0	Úspěšné	Úspěšné

firmou Sun Microsystems. Mezi hlavní výhody tohoto jazyka patří jeho jednoduchost a použitelnost na různých platformách a operačních systémech. Obě dvě výhody znamenají, že Java patří mezi jedny z nejpoužívanějších programovacích jazyků vůbec [26].

JavaFX

JavaFX je kolekce Java balíčků, která slouží k tvorbě grafického uživatelského rozhraní pro Java aplikace. JavaFX umožňuje vývojáři vytvořit jednoduché okno, do kterého může následně vložit mnoho dostupných komponent, jako například popisky, tlačítka, tabulky, textová pole nebo grafy. Navíc je zde možnost použít animaci nebo perspektivu [27].

Grafické prostředí lze nejlépe vytvořit pomocí aplikace Scene Builder, ve které je možno přetahovat jednotlivé komponenty přímo do vytvářeného okna, a tak si ulehčit práci tím, že se nemusí tyto komponenty složitě programovat.

Při tvorbě grafického uživatelského prostředí bude využit jazyk Java ve verzi 1.8.0, kolekce JavaFX, aplikace Scene Builder a vše bude implementováno ve vývojovém prostředí Eclipse Java EE IDE ve verzi 4.9.0.

4.4 Vlastní návrh aplikace

Před samotnou implementací programu musel být vytvořen návrh aplikace. V první fázi byl vytvořen návrh na obr. 4.2. Během implementace muselo dojít k vývoji několika dalších komponent. To způsobilo v původním návrhu nepřehlednost, a proto se výsledný návrh skládá ze tří obrazovek, které jsou zobrazeny na obr. 4.3, obr. 4.4 a obr. 4.5. Dále byl návrh rozdělen do bloků na obr. 4.6, obr. 4.7 a obr. 4.8, podle kterých bude probíhat následná implementace. Takto by aplikace měla vypadat po dokončeném testování.

V následném popisu jednotlivých bloků budou jejich vlastnosti uvedeny pouze stručně. Detailním popisem bloků se bude zabývat sekce Implementace grafického prostředí.

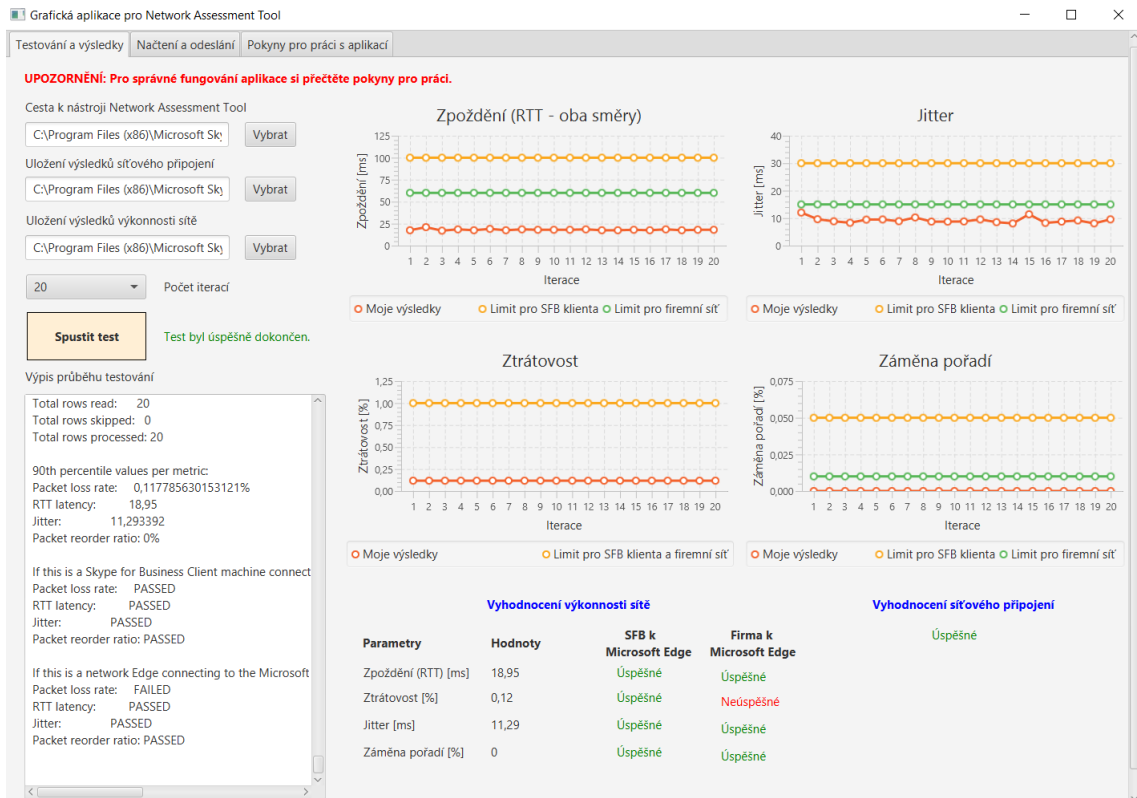


Obr. 4.2: Původní vlastní návrh aplikace

Hlavní okno aplikace se skládá ze tří záložek - „Testování a Výsledky“, „Načtení a Odeslání“, „Pokyny pro práci s aplikací“. Mezi těmito záložkami může uživatel libovolně překlíkávat. Použití záložek vede k zprůhlednění celkového návrhu aplikace a k usnadnění práce uživatelům.

Blok 1 tvoří komponenty, které vyžadují vstupní informace od uživatele. Aby aplikace fungovala správně, uživatel musí nejdříve zadat cestu ke složce, ve které se nachází nástroj Network Assessment Tool. Dále se zde nachází textová pole pro uložení výsledků síťového připojení a výkonnosti sítě, kam uživatel napíše cestu k souboru včetně jeho názvu. Následně si uživatel vybere počet iterací. Tlačítko „Spustit test“ spustí test měření. Popisek vedle tlačítka pro spuštění udává momentální stav testování. Výpis průběhu testování může uživatel sledovat přes textové pole.

Blok 2 se skládá ze čtyř grafů. Každý graf reprezentuje jeden měřený parametr. V grafu jsou zaneseny vždy tři typy křivek. První křivka s názvem „Moje výsledky“ reprezentuje hodnoty, které byly naměřeny nástrojem Network Assessment Tool. Druhá křivka nazvaná „Limit pro SFB klienta“ zobrazuje hodnoty, které korespondují s tab. 2.1. Třetí křivka „Limit pro firemní síť“ ukazuje hodnoty zapsané



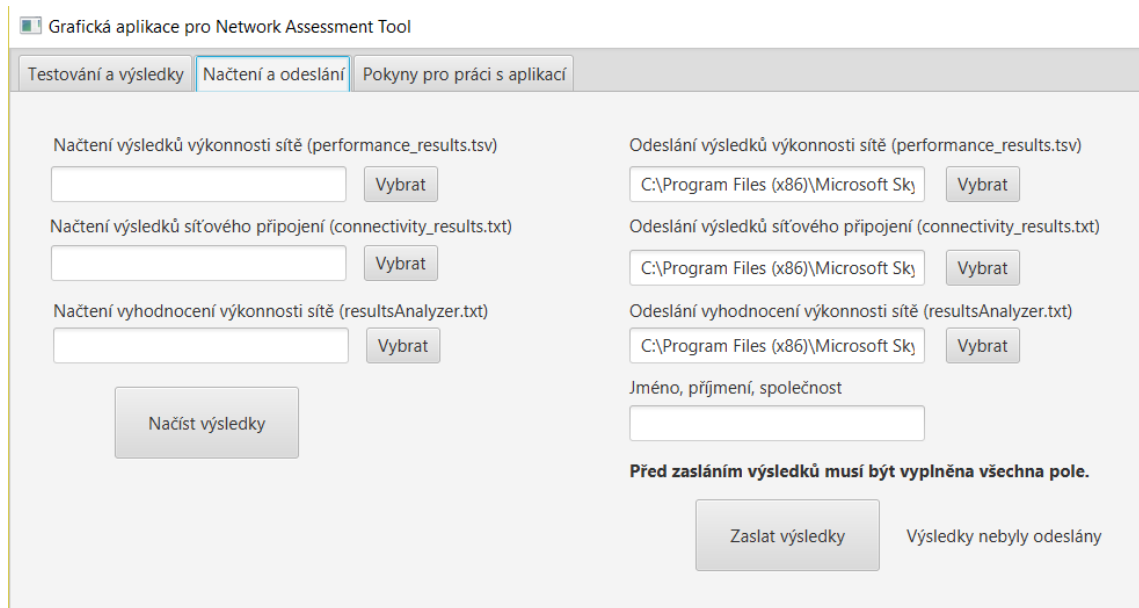
Obr. 4.3: Vlastní návrh aplikace - záložka Testování a výsledky

v tab. 2.2. Druhá a třetí křivka tak ukazují uživateli hranice, které by jeho hodnoty neměly přesáhnout, aby docházelo ke kvalitnímu a spolehlivému přenosu dat.

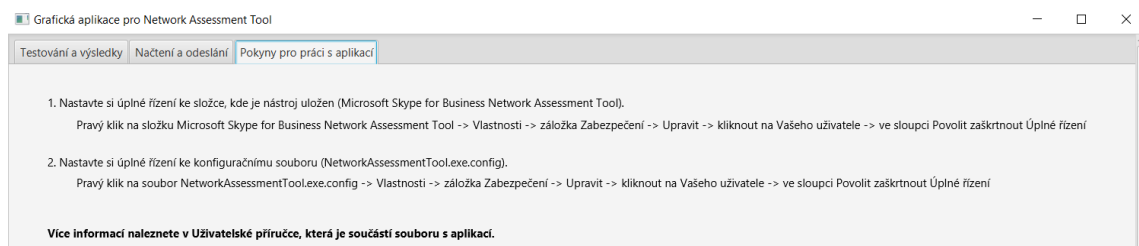
Blok 3 zobrazuje výsledky měření výkonnosti sítě. Naměřené výsledky jsou vyhodnoceny pomocí příkazu 3.3. Uživateli se zobrazí testované parametry a jejich naměřené hodnoty včetně konečných výsledků. Pokud hodnoty spadají do intervalu pro úspěšné připojení, u daného parametru se pro konkrétní připojení zobrazí zeleně zbarvené slovo „Úspěšné“. Naopak při selhání připojení se zde zobrazí červeně zbarvené slovo „Neúspěšné“. Tento blok poskytuje přehledné výsledky testu, které byly uživatelem požadovány.

Blok 4 ukazuje výsledky měření síťového připojení. Pokud byly naměřené výsledky v souladu s požadovanými hodnotami, v aplikaci se zobrazí zeleně zbarvené slovo „Úspěšné“. Při selhání naměřených výsledků se zobrazí červeně zbarvené slovo „Neúspěšné“.

Blok 5 zajišťuje načtení výsledků. Tento blok bude sloužit především pro správce, kteří po obdržení jednotlivých souborů s výsledky si je budou moci zobrazit pomocí bloků 2, 3 a 4. Výsledky uvidí ve stejné podobě, jak ten, kdo výsledky zaslal, což povede k přehlednému a rychlému vyhodnocení. Správce vepíše do textového pole



Obr. 4.4: Vlastní návrh aplikace - záložka Načtení a odeslání

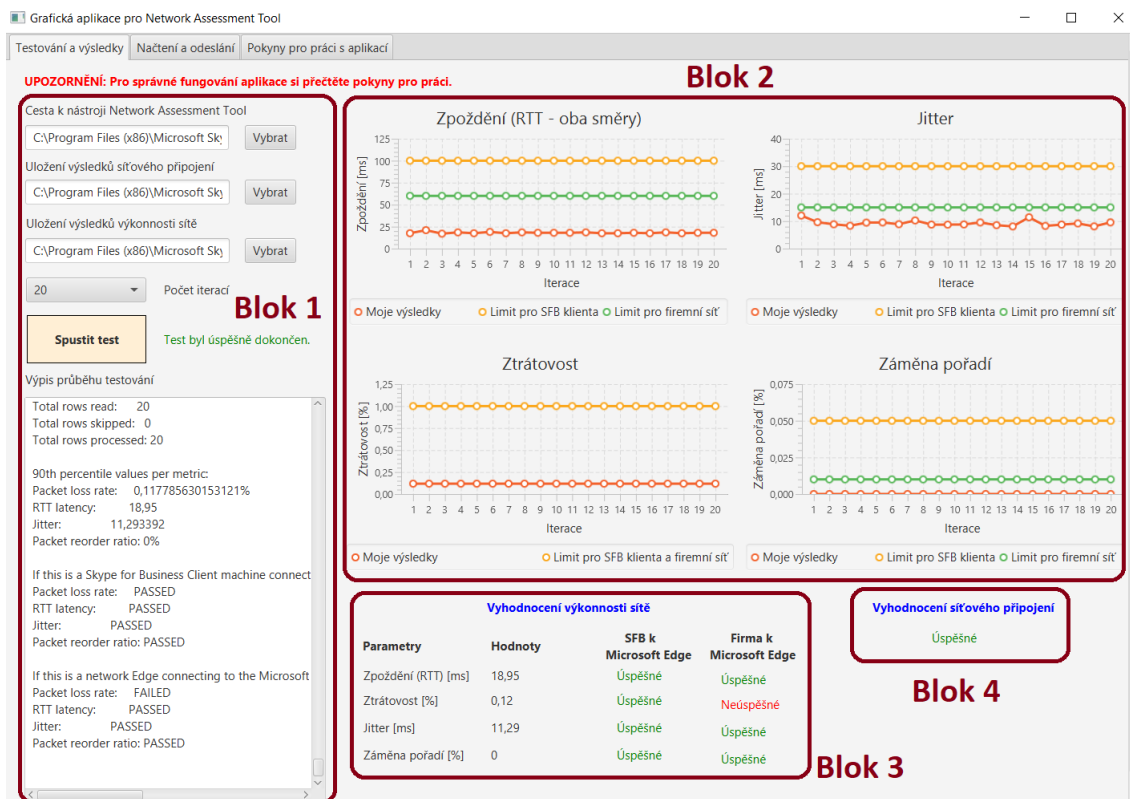


Obr. 4.5: Vlastní návrh aplikace - záložka Pokyny pro práci s aplikací

cestu k souboru obsahující výsledky, které chce graficky zobrazit. Jakmile je soubor vybrán, výsledky mohou být načteny tlačítkem „Načíst výsledky“.

Blok 6 slouží k odeslání tří souborů s výsledky přes síť Internet poskytovateli služby k analýze, která je provedena pomocí bloku 5. Uživatel po dokončení testování vepíše cestu k jednotlivým souborům. Před odesláním uživatel vyplní své jméno, příjmení a společnost, aby bylo jasné, kdo je odesílatelem. Výsledky jsou odeslány na předem vytvořený email po stisknutí tlačítka „Zaslat výsledky“. O stavu odeslání informuje uživatele textová správa vedle tohoto tlačítka.

Blok 7 se nachází na záložce „Pokyny pro práci s aplikací“. Zde jsou vypsány důležité kroky, které musí uživatel udělat před nebo během práce s aplikací pro její správné fungování.

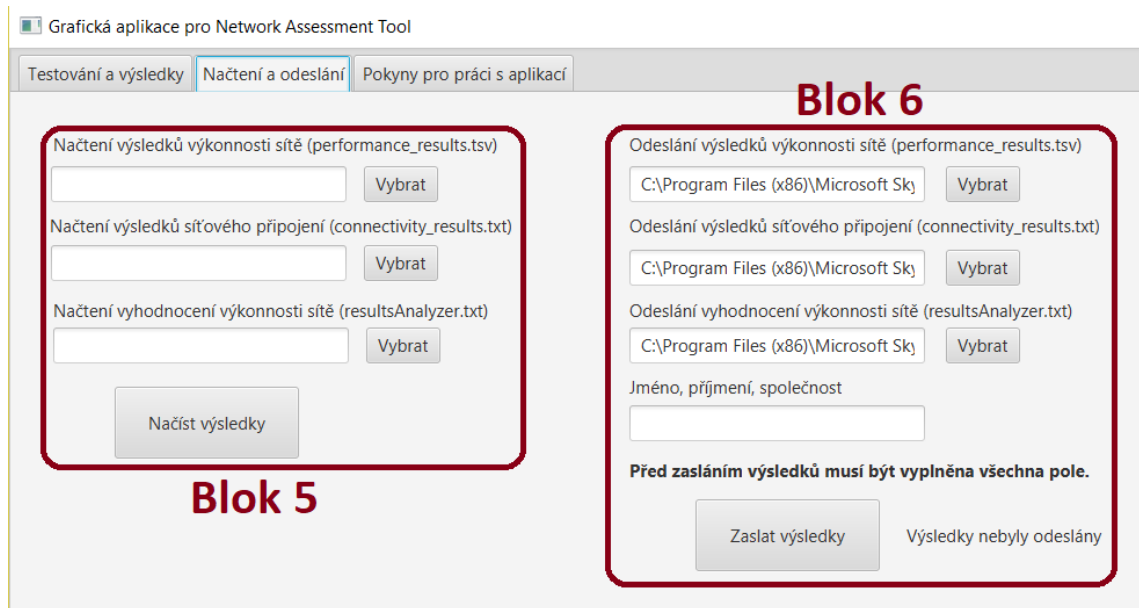


Obr. 4.6: Vlastní návrh rozdělen do bloků - záložka Testování a výsledky

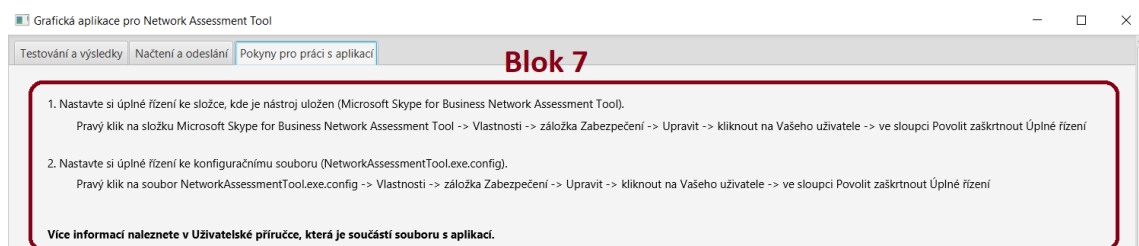
4.5 Implementace grafického prostředí

Implementace grafického prostředí probíhala po jednotlivých blocích. Nejdříve byla aplikace navržena jako celek, která se skládá ze tří tříd a jednoho `.FXML` souboru:

- `Main.java` - tato třída je třídou hlavní. Rozšiřuje výchozí třídu `Application`, která umožňuje vytvořit okno aplikace a správně ji spustit. Hlavní třída musí být vždy přítomna, aby aplikace mohla vůbec fungovat.
- `GUI_Controller.java` - jedná se o třídu, ve které jsou implementovány všechny funkce potřebné pro funkční aplikaci. Deklarují se zde také všechny typy komponent pro zobrazení grafické části aplikace. Důležité funkce jsou popsány vždy u konkrétních bloků níže.
- `SendMail.java` - tato třída je využita pro zaslání výsledků z testování pomocí emailu. Bližší funkčnost třídy je specifikována v bloku 6.
- `GUI.FXML` - soubor tohoto typu je využit pro definici grafického prostředí v jazyce JavaFX. Formou XML notace jsou zde zapsány parametry všech grafických komponent, jako jsou například velikost, barva nebo umístění. Snazší úpravu tohoto souboru poskytuje aplikace Scene Builder.



Obr. 4.7: Vlastní návrh rozdělen do bloků - záložka Načtení a odeslání



Obr. 4.8: Vlastní návrh rozdělen do bloků - záložka Pokyny pro práci s aplikací

Hlavní okno se pak skládá ze tří záložek „Testování a Výsledky“, „Načtení a Odeslání“, „Pokyny pro práci s aplikací“. V této části budou dále podrobně popsány vlastnosti a funkčnost jednotlivých bloků.

Blok 1

Jedná se o blok, který vytváří základní stavební jednotku pro celou aplikaci. Blok 1 musí umět přistupovat do zvolených složek, kde jsou přepisovány soubory nebo vytvářeny nové.

K fungování celé aplikace je důležité přistoupit do složky, ve které se nachází nástroj Network Assessment Tool, včetně spustitelného souboru a konfiguračního souboru. K tomu slouží textové pole s názvem „Cesta k nástroji Network Assessment Tool“, do kterého uživatel zapíše absolutní cestu ke složce nebo pomocí tlačítka „Vybrat“ vybere přes otevřené dialogové okno požadovanou složku. Ve druhém případě se po vybrání složky zapíše absolutní cesta do textového pole automaticky.

Tento postup musí být proveden pouze při prvním spuštění aplikace. Jakmile uživatel spustí první testování, v adresáři s grafickou aplikací se vytvoří nový soubor s názvem `NATPath.txt`. Do tohoto souboru se uloží ve tvaru textu absolutní cesta ke složce s nástrojem Network Assessment Tool a při dalším spuštění se cesta k nástroji bude načítat odtud. Pokud bude uživatel chtít tuto cestu v budoucnu změnit, stačí mu změnit původní cestu k nástroji v textovém poli a spustit testování.

Následně jsou předvyplněny textová pole s názvy „Uložení výsledků výkonnosti sítě“ a „Uložení výsledků síťového připojení“. V prvním případě je doplněna absolutní cesta k souboru, do kterého se mají ukládat výsledky výkonnosti sítě. V druhém případě je také vypsána absolutní cesta k souboru, do kterého se ale mají uložit výsledky síťového připojení. Dále je také vybrán počet iterací.

Předvyplnění je způsobeno přečtením konfiguračního souboru, ze kterého se vyberou požadované parametry a jejich hodnoty. Vybrané parametry jsou zmíněny výše v této kapitole. Uživatel tak nemusí pokaždé ručně vyplňovat tyto údaje. Pokud ale bude chtít předvyplněný parametr změnit, klikne na odpovídající tlačítko „Vybrat“ anebo rozklikne rozbalovací nabídku „Počet iterací“ a vybere požadovaný počet. Před zahájením testu je zde také popisek, který říká, že test nebyl spuštěn.

Jakmile jsou všechny komponenty správně vyplněny, může být spuštěn samotný test. Tlačítko „Spustit test“ zahájí test. Velikost tlačítka byla zvolena tak, aby uživatel ihned věděl, kde má test spustit. V průběhu testu se popisek vedle tlačítka změní na „Test byl spuštěn. Prosím čekejte“ a v textovém poli pro výpis testování se postupně vypisuje jeho průběh. Uživatel tak dostává informace o tom, kolikátá iterace probíhá, jaké byly hodnoty předešlých iterací a jak probíhá testování síťového připojení. Tento výpis je součástí nástroje Network Assessment Tool a je spuštěn pomocí příkazů 3.2 a 3.5. Výpis spuštěný příkazem 3.3 se dále ukládá do textového souboru `resultsAnalyzer.txt`, který bude využit pro práci s blokem 3.

Při spuštění testování muselo dojít k interakci mezi grafickou aplikací a příkazovým řádkem, což vedlo k tomu, že vlákno pracující s příkazovým řádkem muselo nejdříve doběhnout a teprve poté se objevil celý průběh testování. Uživatel tedy nedostával aktuální informace v průběhu testování, ale až po jeho ukončení. Řešením tohoto problému bylo vytvoření nového vlákna, ve kterém se spouští grafická aplikace. Při spuštění je tedy vytvořeno vlákno, ve kterém probíhá komunikace aplikace s příkazovým řádkem a vlákno pro výpis grafických komponent postupně vypisuje průběh testování do textového pole.

Po skončení testu se popisek u tlačítka spuštění změní na „Test byl úspěšně dokončen.“. Výsledky testování se objeví v aplikaci pomocí bloků 2, 3 a 4, které jsou popsány dále. Uživatel může test měření provést několikrát za sebou aniž by musel aplikaci vypnout a opět zapnout.

Blok 2

Tento blok slouží k zobrazení výsledků v podobě čtyř grafů. Každý graf zobrazuje hodnoty pro jeden z testovaných parametrů - zpoždění (RTT), Jitter, ztrátovost a záměnu pořadí.

Graf se skládá z osy x, která reprezentuje iterace, a z osy y, jejíž hodnoty závisí na měřeném parametru. Dále se v grafu nachází tři typy křivek:

- **Moje výsledky** - tyto výsledky byly naměřeny uživatelem pomocí nástroje Network Assessment Tool. Jsou vykresleny červenou barvou a pro správné fungování aplikace nesmí překročit hranice pro SFB klienta nebo firemní síť.
- **Limit pro SFB klienta** - tato křivka ukazuje maximální hodnoty, které nesmí být přesaženy, pokud je uživatel SFB klientem připojující se například z domácí sítě k Microsoft Edge. Křivka je vykreslena žlutou barvou a hodnoty korespondují s tab. 2.1.
- **Limit pro firemní síť** - poslední křivka ukazuje také maximální hodnoty, které nesmí být přesaženy, ale v případě, že je uživatel ve firemní síti a připojuje se přes firemní Edge Server k Microsoft Edge. Křivka je vykreslena zelenou barvou a hodnoty se shodují s tab. 2.2.

Výjimkou je graf pro ztrátovost. Zde jsou vykresleny pouze dvě křivky. Důvodem je, že v tab. 2.1 a tab. 2.2 je limit pro ztrátovost 1% během 15s nebo 0,1s intervalu. Limit je tedy stejný a křivky se shodují.

Může nastat situace, ve které nějaká z hodnot z naměřených výsledků překročí výše zmíněné limity. Pokud se to stane v malém množství při velkém počtu iterací, konečný výsledek bude stále úspěšný. Je to z toho důvodu, že se vyhodnocení zaměřuje na 90. percentil naměřených hodnot. Více informací ohledně konečných výsledků bude rozebráno v bloku 3.

Pro vykreslení grafů do požadované podoby je zapotřebí pracovat s textovým souborem `performance_results.tsv`. Soubor `.tsv` je druh souboru, ve kterém jsou hodnoty odděleny pomocí tabulátoru. Čtení jednotlivých hodnot je pak jednodušší než z běžného textového souboru.

Soubor je při čtení rozdělen na jednotlivé řádky reprezentující číslo iterace, ve kterých se hledají požadované parametry pomocí indexu. Konkrétně se hodnota pro ztrátovost nachází vždy na indexu 1, hodnota pro zpoždění na indexu 2, pro Jitter na indexu 5 a pro záměnu pořadí na indexu 6. Získané hodnoty se musí převést z typu `string` na typ `float`, aby mohl graf pracovat s číselnou hodnotou. Hodnota se poté zapíše pro danou iteraci do požadovaného grafu. Po přečtení celého souboru jsou hodnoty zobrazeny a spojeny pomocí křivek.

Blok 3

Vyhodnocení výkonnosti sítě se provádí pomocí bloku 3. Zde se vyhodnocují hodnoty jednotlivých parametrů vůči konkrétnímu připojení. Buď se může jednat o připojení SFB klienta k Microsoft Edge nebo o připojení firemní sítě k Microsoft Edge.

Blok 3 nezpracovává všechna naměřená data, jako tomu bylo u bloku 2, ale zajímají ho pouze hodnoty, které spadají do 90. percentilu naměřených hodnot. Je tedy možné, že hodnoty přesahující limity během testování, mohou být stále vyhodnoceny jako úspěšné, pokud jich není mnoho. Jaké hodnoty jsou 90. percentilem, to přímo určuje aplikace `ResultsAnalyzer.exe`. Jak už bylo výše zmíněno, výsledné hodnoty z této aplikace jsou uloženy do souboru `resultsAnalyzer.txt` a dále se pracuje pouze s tímto souborem.

Problém tohoto textového souboru je, že hodnoty, které je potřeba zobrazit v grafické aplikaci, nejsou v souboru nijak pravidelně uspořádány. Soubor je tedy čten řádek po řádku a s každým řádkem je provedena daná operace. Například pro získání hodnot pro zpoždění, se muselo najít na řádku slovo „RTT“ a dále se na tomto řádku vyhledala buď hodnota určující 90. percentil anebo slova „PASSED“ či „FAILED“ udávající konečné hodnocení pro dané připojení. Načtené číselné hodnoty jsou poté zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Pokud tedy hodnota nepřekročila hraniční hodnoty z tab. 2.1 nebo z tab. 2.2, byla vyhodnocena jako úspěšná a vedle daného parametru a jeho hodnoty se objevilo zeleně zbarvené slovo „Úspěšné“. Na druhou stranu, pokud hodnota přesahovala tyto limity, byla vyhodnocena jako neúspěšná a vedle této hodnoty se zobrazilo červeně zbarvené slovo „Neúspěšné“.

Blok 3 reflektuje hodnoty vykreslené blokem 2. Pokud se většina hodnot pro měření bude nacházet pod limity, v bloku 3 se objeví úspěšné hodnocení. Pokud hodnoty budou nad limitem, hodnocení bude neúspěšné.

Výjimka je opět u ztrátovosti pro limit firemní sítě. Limit pro ztrátovost tohoto připojení je 1% během 0,1 s intervalu podle tab. 2.2. Po dokončení iterace nám nástroj poskytne výsledek pro ztrátovost, který je ale měřen pro celou dobu iterace. Pokud tedy došlo během 0,1 s intervalu k větší ztrátovosti, aplikace si to sama poznamená, ale nám zobrazí průměrnou ztrátovost za celou iteraci. Přestože nám tedy graf ukazuje hodnoty, které jsou pod limitem, aplikace může vyhodnotit ztrátovost jako neúspěšnou. Například hodnota pro ztrátovost v iteraci bude rovna 0,34%, což je pod limit 1%. Během této iterace ale došlo k tomu, že v časovém intervalu 0,1 s byla ztrátovost vyšší než 1%, a tak došlo k neúspěšnému vyhodnocení.

Blok 4

Posledním blokem na záložce „Testování a výsledky“ je blok 4 sloužící k zobrazení výsledku síťového připojení. Zde se vyhodnocuje celkové síťové připojení, a tak je zde zobrazen pouze jeden výsledek.

Pro získání výsledků síťového připojení se zpracovává soubor vytvořen příkazem 3.5 `connectivity_results.txt`. Jedná se o textový soubor jehož zpracování není tak složité jako v předchozím případě. Při čtení souboru se přečte pouze poslední řádek, na kterém je řečeno, zda připojování k jednotlivým IP adresám bylo ve všech případech úspěšné či nikoliv. Pokud bylo připojení úspěšné, zobrazí se v tomto bloku zeleně zbarvené slovo „Úspěšné“. V případě neúspěšného připojení se zobrazí červeně zbarvené slovo „Neúspěšné“.

Blok 5

Blok 5 se stará o načtení výsledků, které byly obdrženy přes email blokem 6. Nachází se zde tři textová pole s názvy „Načtení výsledků výkonnosti sítě“, „Načtení výsledků síťového připojení“ a „Načtení vyhodnocení výkonnosti sítě“. Za každým názvem je také uveden název a typ souboru, který by měl být načten. Uživatel vypíše nebo pomocí tlačítka „Vybrat“ u jednotlivých textových polí vybere absolutní cestu k požadovanému souboru. Jakmile jsou soubory vybrány, uživatel klikne na tlačítko „Načíst výsledky“. Poté se překlikne do záložky „Testování a výsledky“, kde se mu pomocí bloků 2, 3 a 4 zobrazí všechny údaje v grafické podobě obsažené v souborech.

Implementace bloku nevyžadovala žádné nové dlouhé funkce. Vytvořila se pouze nová proměnná typu `boolean` s počáteční hodnotou `false`. Pokud uživatel prováděl pouze nová testování, aplikace vždy vybrala pro zobrazení ty soubory, které byly při testování vytvořeny. Jakmile uživatel chtěl načíst výsledky a klikl na požadované tlačítko, hodnota proměnné se změnila na `true`. V tomto případě si aplikace už nevybrala původní soubory pro načtení, ale soubory, jejichž absolutní cesta byla specifikována v textových polích pro načtení výsledků. Dále se soubory pracovala jako s těmi původními.

S tímto blokem bude nejčastěji pracovat správce ve firmě, kterého bude zajímat vyhodnocení testování připojení jednotlivých uživatelů za účelem poskytnutí informací o opravě případného problému.

Blok 6

Blok 6 zajišťuje odeslání souborů přes síť Internet poskytovateli služby nebo správci k analýze. Uživatel využije tento blok ve chvíli, kdy je dokončeno testování a všechny

výsledky jsou uloženy do třech požadovaných souborů. Pro zasílání emailů v jazyce Java musela být stažena a využita externí knihovna Javamail ve verzi 1.4.6.

Nachází se zde čtyři textová pole s názvy „Odeslání výsledků výkonnosti sítě“, „Odeslání výsledků síťového připojení“, „Odeslání vyhodnocení výkonnosti sítě“ a „Jméno, příjmení a společnost“. První tři pole slouží uživateli k vypsání absolutní cesty k souborům, které chce zaslat správci. Tuto cestu také může vybrat jednotlivě po stisknutí tlačítka „Vybrat“ u příslušných položek. Tyto položky jsou většinou ukládány do souboru, ve kterém se nachází nástroj Network Assessment Tool. Proto po úvodní specifikaci absolutní cesty vedoucí k souboru, kde je nástroj uložen, se v těchto třech polích automaticky vypíše cesta k těmto souborům. Uživatel nemusí tedy nic vybírat ani měnit. Je však důležité, aby v době odeslání byly vyplněny všechny textová pole, jinak se zpráva neodešle. Do posledního pole uživatel vepíše své jméno, příjmení a společnost, ve které pracuje. Toto pole slouží k identifikaci osoby, která zprávu zaslala.

Implementace tohoto bloku je z velké části provedena ve třídě `SendMail.java`. Nejdříve museli být deklarovány proměnné, které nesou název odesílající a přijímající emailové adresy. Pro tuto aplikaci byly vytvořeny dva nové emaily od společnosti Google:

- **zaslanivysledku@gmail.com** - jedná se o email, jehož prostřednictvím jsou zasílány výsledky testování. Heslo k tomuto emailu je „bakalarskaprace2019“. Heslo bude po vyhodnocení této práce změněno správcem.
- **prijetivysledku@gmail.com** - tento email slouží k přijetí výsledků ze výše zmíněného emailu. Heslo k tomuto emailu je „bakalarskaprace2019“. Po vyhodnocení této práce bude také heslo změněno, aby k účtu měl přístup pouze správce. Odtud si správce bude stahovat soubory a pomocí bloku 5 je nahrávat do grafické aplikace tak, aby viděl výsledky ve stejné podobě jako uživatel, který mu je zaslal.

Nové emaily musely být nově založeny proto, protože zde musel být povolen přístup méně zabezpečených aplikací. V kódu aplikace také dochází k vytvoření spojení mezi grafickou aplikací a emailovou službou společnosti Google. Aplikace se spojuje s emailovou adresou „prijetivysledku@gmail.com“, kde je potřeba pro správné spojení zaslat v otevřené formě heslo k této adrese. Osobní emailové adresy by tímto způsobem byly vystaveny velkému riziku napadení.

Jakmile je spojení vytvořeno, vytvoří se zpráva pro zaslání obsahující adresu odesílatele, předmět zprávy a tři přílohy se soubory `performance_results.tsv`, `connectivity_results.txt` a `resultsAnalyzer.txt`. Uživatel by žádným způsobem neměl měnit obsah těchto souborů, jinak nedojde k jejich správnému načtení.

Blok 7

Blok 7 se samostatně nachází na záložce „Pokyny pro práci s aplikací“. Jeho účel je čistě informativní, protože nezpracovává ani neposkytuje žádná data pro práci s aplikací. Informuje uživatele o tom, co mají udělat, než začnou s grafickou aplikací pracovat. Tyto pokyny jsou velice důležité, protože říkají, kde a jak si nastavit úplné řízení, aby mohla aplikace přistupovat do požadovaných složek, a tak správně fungovat.

Úplné informace o instalaci a ovládání aplikace jsou k dispozici v dokumentu nazvaném *Uživatelská příručka.pdf*, která je součástí složky, ve které se nachází spustitelný soubor grafické aplikace *GUIforNetworkAssessmentTool.jar*.

4.6 Testování vytvořené aplikace

Po vytvoření aplikace bylo nutné ji správně otestovat, aby v produkčním prostředí nezpůsobovala žádné problémy. Testování proběhlo na osobních počítačích deseti uživatelů. Seznam použitých zařízení k testování je zobrazen v tab. 4.7. Úkolem uživatelů bylo zaměřit se na celkovou grafickou stránku aplikace, ale také na její funkčnost. Z jejich pohledu se jednalo o testování typu black-box, protože měli k dispozici pouze vstupní a výstupní data a neznali strukturu programu.

Tab. 4.7: Přehled zařízení využitých k testování aplikace

Číslo testování	Parametry zařízení (operační systém, procesor, Random Access Memory (RAM))
1	Windows 10 64 bit, Intel Core i7-4700HQ, 2,4 GHz, RAM 8 GB
2	Windows 10 64 bit, Intel Core i3-5010U, 2,1 GHz, RAM 4 GB
3	Windows 10 64 bit, AMD A6-6310 APU, 1,8 GHz, RAM 4 GB
4	Windows 7 64 bit, Intel Celeron CPU B800, 1,5 GHz, RAM 4 GB
5	Windows 10 64 bit, Intel Core i5-8250U, 1,6 GHz, RAM 4 GB
6	Windows 7 64 bit, Intel Core i5-4210M, 2,6 GHz, RAM 4 GB
7	Windows 10 64 bit, Intel Core i7-8550U, 1,8 GHz, RAM 16 GB
8	Windows 10 64 bit, Intel Core i7-7700 HQ, 2,8 GHz, RAM 16 GB
9	Windows 10, 2 x 2,6 GHz, RAM 4 GB
10	Windows 10 64 bit, Intel Celeron CPU G540T, 2,1 GHz, RAM 2 GB

Uživatelé provádějící testování měli k dispozici uživatelskou příručku, která je součástí souboru s vytvořenou aplikací pod názvem *Uživatelská příručka.pdf*. V této příručce jsou popsány všechny kroky, které je potřeba udělat, aby aplikace

pracovala správně a ukázala pravdivé výsledky. Příručka rozšiřuje informace v bloku 7 tak, aby i nezkušení uživatelé přesně věděli, co a kde provést.

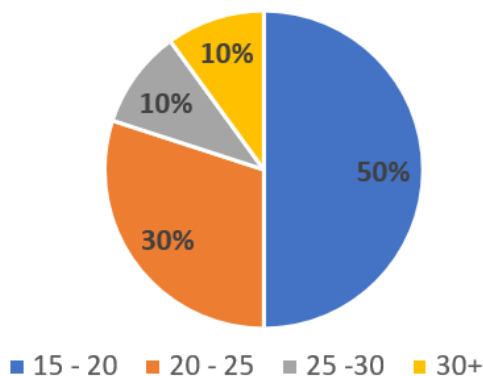
V případě, že někdo bude chtít změnit funkcionalitu aplikace přímo v kódu, v souboru s aplikací je také k dispozici **Příručka pro vývojáře.pdf**, ve které jsou stručně popsány použité třídy pro rychlejší orientaci v kódu programu.

Po přečtení příručky měli uživatelé za úkol vytvořenou aplikaci spustit, zadat cestu k souboru s nástrojem Network Assessment Tool, vybrat počet iterací a nakonec spustit samotný test. Po doběhnutí testu měli zaslat všechny tři soubory s výsledky pomocí bloku 6.

V bloku 6 se objevil problém s antivirem, který v některých případech blokoval odeslání souborů. Konkrétně antivir testoval odchozí poštu SMTP (Single Mail Transfer Protocol). Proto byl do příručky přidán postup, podle kterého bylo testování SMTP zrušeno a po úspěšném odeslání opět potvrzeno. Tento postup musel být proveden u tří uživatelů provádějících testování.

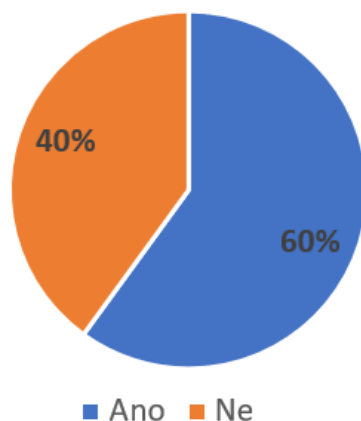
Nakonec uživatelé vyplnili dotazník týkající se aplikace a tím předali svoje výsledky testování ke zpracování. V dotazníku museli uvést svůj věk, parametry zařízení, na kterém se aplikace testovala, a dále pak své názory ohledně aplikace a uživatelské příručky. Také odpovídali, zda museli instalovat aplikaci Java nebo zda museli změnit nastavení antiviru pro úspěšné odeslání výsledků.

Obrázek 4.9 zachycuje graf zobrazující rozložení věkových skupin odpovídajících uživatelů. Na obrázku 4.10 je vidět graf, který ukazuje, kolik testujících muselo stáhnout a nainstalovat aplikaci Java. Obrázek 4.11 ukazuje graf zobrazující, kolik procent uživatelů muselo nebo nemuselo změnit nastavení antiviru pro úspěšné odeslání výsledků.



Obr. 4.9: Rozložení věkových skupin odpovídajících uživatelů

Testování provedlo nejvíce uživatelů ve věku od 15 do 20 let. Aplikace byla ve většině případech otestována na zařízeních s operačním systémem Windows 10



Obr. 4.10: Podíl uživatelů instalujících a neinstalujících aplikaci Java



Obr. 4.11: Podíl uživatelů, kteří měli a neměli problémy s odesláním souborů

a procesorem od společnosti Intel. Větší počet uživatelů uvedl, že musel instalovat aplikaci Java. Dále uživatelé mohli hodnotit aplikaci a uživatelskou příručku na stupnici od 1 do 5, kde 1 znamenala „určitě nebyla“ a 5 znamenala „určitě byla“. Všichni uživatelé hodnotili stupněm 5 srozumitelnost uživatelské příručky a také intuitivnost, přehlednost a srozumitelnost vytvořené aplikace. Nikdo neměl problém s zobrazením všech požadovaných výsledků a pouze tři uživatelé museli řešit problém s blokováním odesílaných souborů. Vytvořená aplikace byla tedy řádně otestována a nyní může být využívána pro konkrétní účely jednotlivců nebo firem.

5 Závěr

Tato práce byla rozdělena do tří hlavních částí. První část se věnovala měření přenosových parametrů, kde bylo rozebráno několik přenosových parametrů týkajících se problematiky přenosu dat pomocí aplikace SFB. Navíc v této části byly zmíněny přístupy k testování sítí včetně nejběžněji využívaných nástrojů. Ve druhé části byla popsána aplikace Skype for Business včetně její základní topologie. Další část věnovala požadavkům na kvalitu dat a také nástroji Network Assessment Tool, u kterého bylo popsáno jeho fungování.

Čtvrtá část byla částí praktickou. Zde bylo rozebráno experimentální pracoviště a následné zprovoznění nástroje Network Assessment Tool. Poté bylo provedeno několikanásobné testování za účelem správného nastavení konfiguračních parametrů. Také je zde zmíněn použitý programovací jazyk Java a jeho nastavení. Další dvě sekce čtvrté části se věnují vlastnímu návrhu grafického rozhraní a následné úplné implementaci.

Ve vlastnímu návrhu aplikace bylo navrženo grafické uživatelské rozhraní. Návrh byl poté rozdělen do bloků, aby byla snazší následná implementace. Návrh jednotlivých bloků je poté stručně popsán. V části implementace byla popsána funkčnost všech sedmi bloků. U každého bloku je zmíněna jeho funkce a jsou zde také popsány akce, které probíhají přímo v kódu aplikace. Poslední část se věnovala testování vytvořené grafické aplikace v produkčním prostředí. Testování se zúčastnilo deset uživatelů, kteří otestovali funkčnost vytvořené aplikace a také ohodnotili přiloženou uživatelskou příručku.

Vytvořená grafická aplikace vyřešila všechny na začátku stanovené problémy nástroje Network Assessment Tool. Uživatelé si nyní místo příkazového řádku spustí vytvořenou aplikaci s jejíž pomocí si nastaví vybrané parametry a následně spustí test. Po skončení testování mohou své výsledky ihned odeslat poskytovateli ke kontrole. Grafická aplikace tak uživatelům poskytuje rychlejší, pohodlnější a přehlednější práci s nástrojem.

Všechny stanovené cíle bakalářské práce byly splněny a aplikace může být nyní používána v produkčním prostředí.

Literatura

- [1] GRABOVSKÝ, Štěpán. ZEMAN, Václav. ČLUPEK, Vlastimil. Síťový emulátor přenosových parametrů datových sítí. *Elektrorevue - Internetový časopis* (<http://www.elektrorevue.cz>). 2018, sv. 20, č. 4, ISSN 1213-1539.
- [2] JEŘÁBEK, Jan. *Komunikační technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2013. 172 s. ISBN 978-80-214-4713-4.
- [3] KUROSE, James F. ROSS, Keith F. *Computer Networking: a top-down approach*. Boston: Pearson, 2013. ISBN 978-0-13-285620-1.
- [4] MCCABE, James D. *Network Analysis, Architecture, and Design*. Boston: Elsevier/Morgan Kaufman Publishers, 2007. 367 s. ISBN 978-0-12-370480-1.
- [5] ČÍKA, Petr. *Multimediální služby*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012. ISBN 978-80-214-4443-0.
- [6] *Media Quality and Network Connectivity Performance in Skype for Business Online* [online]. Microsoft Docs, 2018 [cit. 9. 11. 2018]. Dostupné z: <<https://docs.microsoft.com/en-us/skypeforbusiness/optimizing-your-network/media-quality-and-network-connectivity-performance>>.
- [7] HALILI, Emily H. *Apache JMeter: A practical beginner's guide to automated testing and performance measurement for your websiter*. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2008. ISBN 978-1-847192-95-0.
- [8] ČERMÁK, Miroslav. *Způsoby testování* [online]. 6. 11. 2010 [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z: <<https://www.cleverandsmart.cz/zpusoby-testovani/>>.
- [9] ČERMÁK, Miroslav. *Black box test* [online]. 30. 10. 2010 [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z: <<https://www.cleverandsmart.cz/black-box-test/>>.
- [10] ČERMÁK, Miroslav. *White box test* [online]. 30. 10. 2010 [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z: <<https://www.cleverandsmart.cz/white-box-test/>>.
- [11] ČERMÁK, Miroslav. *Grey box test* [online]. 30. 10. 2010 [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z: <<https://www.cleverandsmart.cz/grey-box-test/>>.
- [12] PIXELFIELD. *Automatizované a manuální testování* [online]. 14. 8. 2018 [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z: <<http://pixelfield.cz/blog/automatizovane-a-manualni-testovani/>>.
- [13] *Apache Bench Tutorial* [online]. 2017 [cit. 27. 10. 2018]. Dostupné z: <https://www.tutorialspoint.com/apache_bench/apache_bench_tutorial.pdf>.

- [14] FULMER, Jeffrey. Siege is an http load tester and benchmarking utility. In: *github.com* [online]. 2018 [cit. 9. 11 2018]. Dostupné z: <<https://github.com/JoeDog/siege>>.
- [15] MAJORDOMO. The httpperf HTTP load generator. In: *github.com* [online]. 2018 [cit. 9. 11 2018]. Dostupné z: <<https://github.com/httpperf/httpperf>>.
- [16] NETMETR.cz: Nápořveda. *Technologie* [online]. 2018 [cit. 9. 11 2018]. Dostupné z: <<https://www.netmetr.cz/cs/napoveda.html>>.
- [17] RTR - RTR-NetTest - Testing Methodology. *RTR Multithreaded Broadband Test (RMBT): Specification* [online]. 2017 [cit. 9. 11 2018]. Dostupné z: <<https://www.netztest.at/doc/>>.
- [18] *What's the difference between Skype, Skype Meetings, and Skype for Business?* [online]. Microsoft Corporation, 2018 [cit. 27.10.2018]. Dostupné z: <<https://support.skype.com/en/faq/FA34551/what-s-the-difference-between-skype-skype-meetings-and-skype-for-business>>.
- [19] *Topology Basics for Skype for Business Server* [online]. Microsoft Docs, 2018 [cit. 9. 11. 2018]. Dostupné z: <<https://docs.microsoft.com/en-us/skypeforbusiness/plan-your-deployment/topology-basics/topology-basics>>.
- [20] *Architectural models for SharePoint, Exchange, Skype for Business, and Lync* [online]. Microsoft Docs, 2018 [cit. 9. 11. 2018]. Dostupné z: <<https://docs.microsoft.com/en-us/office365/enterprise/architectural-models-for-sharepoint-exchange-skype-for-business-and-lync>>.
- [21] *Cloudová výpočetní platforma a služby Microsoft Azure* [online]. Microsoft Corporation, 2018 [cit. 9. 11 2018]. Dostupné z: <<https://azure.microsoft.com/cs-cz/>>.
- [22] *Download Skype for Business Network Assessment Tool* [online]. Microsoft Corporation, 2018 [cit. 26. 11. 2018]. Dostupné z: <<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=53885>>.
- [23] *Usage - Network Assessment Tool* [online]. Microsoft Corporation, 2018 [cit. 26. 11. 2018].
- [24] *Office 365 URLs and IP address ranges* [online]. Microsoft Docs, 2018 [cit. 26. 11. 2018]. Dostupné z: <<https://docs.microsoft.com/en-us/office365/enterprise/urls-and-ip-address-ranges>>.

- [25] *Office 365 Network Connectivity Principles* [online]. Microsoft Docs, 2018 [cit. 26. 11. 2018]. Dostupné z: <<https://docs.microsoft.com/en-us/office365/enterprise/office-365-network-connectivity-principles>>.
- [26] LEMAY, L., PERKINS, Charles L. *Teach yourself Java in 21 days*. Indianapolis: Sams.net Publishing, 1996. ISBN 1-57521-030-4.
- [27] LOWE, D. *JavaFX for dummies*. Hoboken: For Dummies, a Wiley brand, 2015. ISBN 978-1-118-41743-0.

Seznam symbolů, veličin a zkratek

CPU	Central Processing Unit
d_{fronty}	zpoždění ve frontě
d_{prenosu}	přenosové zpoždění
$d_{\text{šireni}}$	zpoždění šíření dat
d_{spoje}	celkové zpoždění
$d_{\text{zpracovani}}$	zpoždění zpracováním
GB	Gigabajt
GHz	Gigahertz
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
IPTV	IP Television
MB	Megabajt
Mb/s	Megabit za sekundu
ms	milisekundy
RAM	Random Access Memory
RTT	obousměrné zpoždění – Round-Trip Time
s	sekundy
SBC	Session Border Controller
SFB	Skype for Business
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SSL	Secure Sockets Layer
TCP	Transmission Control Protocol
TLS	Transport Layer Security
UDP	User Datagram Protocol
URL	Uniform Resource Locator
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over IP
VVoIP	Voice and Video over IP
XML	eXtensible Markup Language

Seznam příloh

A	Uživatelská příručka	52
B	Příručka pro vývojáře	54
C	Vyhodnocení dotazníku	55
D	Obsah přiloženého CD	59

A Uživatelská příručka

Uživatelská příručka poskytuje podrobné informace, které se týkají prvního spuštění grafické aplikace včetně postupu instalace potřebných souborů k jejímu správnému fungování. Dále jsou zde popsány jednotlivé kroky pro její ovládání.

Pokyny pro první spuštění:

1. Stáhnout Network Assessment Tool z této adresy:
`www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=53885` -> kliknout na Download
2. Kliknout na stáhnutý soubor a nástroj nainstalovat
 - (a) Pokud je to možné, ponechejte výchozí cestu k souboru `C:\Program Files (x86)\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool`.
3. Stáhnout aplikaci Java z této adresy: `https://www.java.com/en/download/` -> kliknout na Free Java Download a poté na Agree and Start Free Download -> Javu nainstalovat
4. Nastavit úplné řízení ke složce, kde je nástroj uložen, nejčastěji `C:\Program Files (x86)\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool`
 - (a) Právý klik na složku `Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool` -> Vlastnosti -> záložka Zabezpečení -> Upravit -> kliknout na Vašeho uživatele -> ve sloupci Povolit zaškrtnout Úplné řízení
5. Nastavit úplné řízení k souboru, kde je konfigurační nastavení nástroje, nejčastěji `C:\Program Files (x86)\Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool\NetworkAssessmentTool.exe.config`
 - (a) Právý klik na soubor `NetworkAssessmentTool.exe.config` -> Vlastnosti -> záložka Zabezpečení -> Upravit -> kliknout na Vašeho uživatele -> ve sloupci Povolit zaškrtnout Úplné řízení
6. Spustit grafickou aplikaci `GUIforNetworkAssessmentTool.jar`

Pokyny pro ovládání:

1. Vybrat/vypsat cestu ke složce `Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool`
 - (a) Po druhém spuštění bude cesta vypsána sama.
2. Vybrat počet iterací
3. Kliknout na Spustit test
4. Po uplynutí testu přejít na záložku Načtení a odeslání
5. Vyplnit cestu k požadovaným souborům
 - (a) Soubor `resultsAnalyzer.txt` bude vždy uložen ve složce `Microsoft Skype for Business Network Assessment Tool`

6. Vyplnit jméno, příjmení a společnost
7. Kliknout na Zaslat výsledky
 - (a) Pokud se výsledky neodešlou, problém je v tom, že soubory neprojdou přes antivir. Jděte do nastavení antiviru -> vybrat emailový/poštovní štít -> odkliknout testování odchozích emailů (SMTP) -> vypnout a zapnout tuto aplikaci -> po odeslání opět testování zapnout

B Příručka pro vývojáře

Příručka pro vývojáře slouží jako rychlý přehled použitých tříd a knihoven vytvořené aplikace. Vývojářům se postačí podívat do této příručky, aby mohli v případě potřeby měnit kód aplikace.

Aplikace se skládá ze tří tříd a jednoho `.fxml` souboru:

- `Main.java` - tato třída je třídou hlavní. Rozšiřuje výchozí třídu `Application`, která umožňuje vytvořit okno aplikace a správně ji spustit. Hlavní třída musí být vždy přítomna, aby aplikace mohla vůbec fungovat.
- `GUI_Controller.java` - jedná se o třídu, ve které jsou implementovány všechny funkce potřebné pro funkční aplikaci. Deklarují se zde také všechny typy komponent pro zobrazení grafické části aplikace.
- `SendMail.java` - tato třída je vyžita pro zaslání výsledků z testování pomocí emailu.
- `GUI.fxml` - soubor tohoto typu je využit pro definici grafického prostředí v jazyce JavaFX. Formou XML notace jsou zde zapsány parametry všech grafických komponent, jako jsou například velikost, barva nebo umístění.

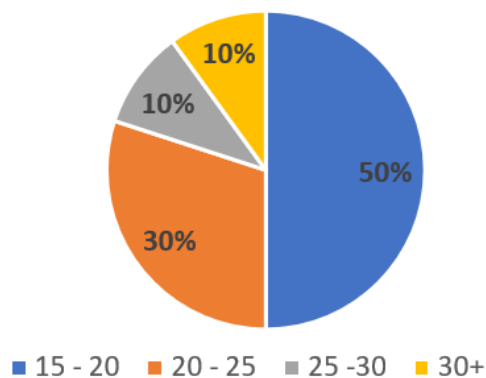
Pro načtení knihovny Javamaíl je potřeba nainportovat do vývojového prostředí soubor `mail.jar`, který je součástí složky `Javamaíl-1.4.6`.

Jednotlivé funkce jsou popsány přímo v kódu aplikace. Názvy funkcí a proměnných jsou voleny tak, aby bylo hned jasné, k čemu slouží.

C Vyhodnocení dotazníku

V této části jsou vypsány všechny otázky a odpovědi, které byly součástí dotazníku pro uživatelské testování. U otázek, u kterých se hodnotilo číslem od 1 do 5, znamená 1 „Určitě nebyla“ a 5 znamená „Určitě byla“. Odkaz na odpovědi v podobě obrázků a tabulky jsou vždy uvedeny v závorkách za otázkou.

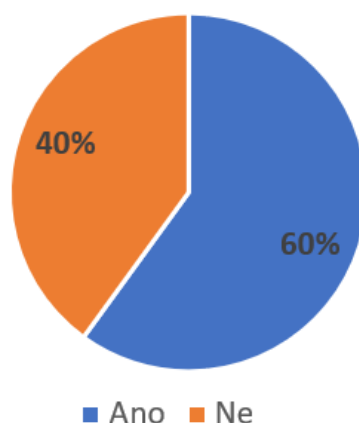
1. Věk (obr. C.1)
2. Parametry počítače (operační systém, procesor, RAM, ...) (tab. C.1)
3. Potřeba instalovat aplikaci JAVA? (obr. C.2)
4. Byla uživatelská příručka srozumitelná? (obr. C.3)
5. Byla aplikace intuitivní? (obr. C.4)
6. Byla aplikace přehledná a srozumitelná? (obr. C.5)
7. Odeslaly se soubory nebo bylo potřeba zakázat antiviru kontrolu odchozích zpráv? (obr. C.6)
8. Zobrazily se Vám všechny požadované výsledky? (obr. C.7)
9. Pokud ne, co se nezobrazilo? - Žádná odpověď nebyla zaznamenána.



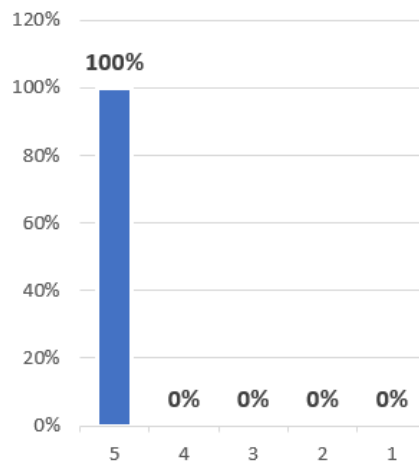
Obr. C.1: Rozložení věkových skupin odpovídajících uživatelů

Tab. C.1: Přehled zařízení využitých k testování aplikace

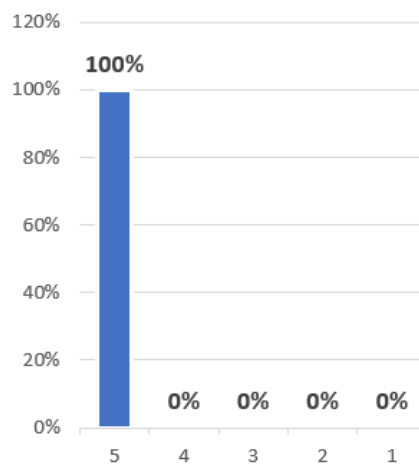
Číslo testování	Parametry zařízení (operační systém, procesor, Random Access Memory (RAM))
1	Windows 10 64 bit, Intel Core i7-4700HQ, 2,4 GHz, RAM 8 GB
2	Windows 10 64 bit, Intel Core i3-5010U, 2,1 GHz, RAM 4 GB
3	Windows 10 64 bit, AMD A6-6310 APU, 1,8 GHz, RAM 4 GB
4	Windows 7 64 bit, Intel Celeron CPU B800, 1,5 GHz, RAM 4 GB
5	Windows 10 64 bit, Intel Core i5-8250U, 1,6 GHz, RAM 4 GB
6	Windows 7 64 bit, Intel Core i5-4210M, 2,6 GHz, RAM 4 GB
7	Windows 10 64 bit, Intel Core i7-8550U, 1,8 GHz, RAM 16 GB
8	Windows 10 64 bit, Intel Core i7-7700 HQ, 2,8 GHz, RAM 16 GB
9	Windows 10, 2 x 2,6 GHz, RAM 4 GB
10	Windows 10 64 bit, Intel Celeron CPU G540T, 2,1 GHz, RAM 2 GB



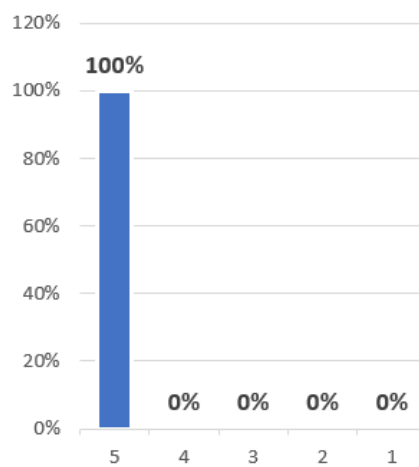
Obr. C.2: Podíl uživatelů instalujících a neinstalujících aplikaci Java



Obr. C.3: Číselné hodnocení srozumitelnosti uživatelské příručky



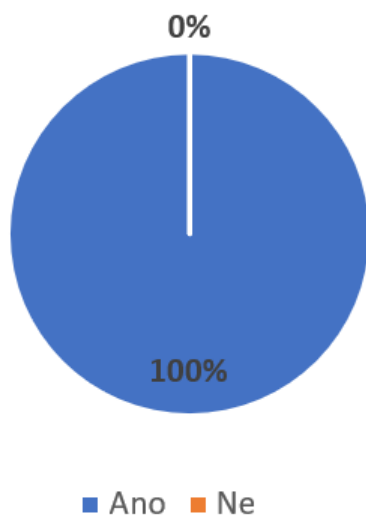
Obr. C.4: Číselné hodnocení intuitivnosti aplikace



Obr. C.5: Číselné hodnocení přehlednosti a srozumitelnosti aplikace



Obr. C.6: Podíl uživatelů, kteří měli a neměli problémy s odesláním souborů



Obr. C.7: Podíl uživatelů, kterým se zobrazily všechny výsledky a kterým nikoliv

D Obsah přiloženého CD

Na přiloženém CD je uložena tato bakalářská práce ve formátu .pdf a také spustitelné kódy vytvořené aplikace v jazyce Java. Dále jsou součástí CD příručky jak pro uživatele tak pro vývojáře. K dispozici je také knihovna, kterou je potřeba nainportovat do prostředí Eclipse, pro zaslání emailů. Aplikace byla vyvíjena v prostředí Eclipse Java IDE ve verzi 4.9.0 a v programovacím jazyce Java ve verzi 1.8.0.

```
/ ..... kořenový adresář přiloženého CD
├── GUI_SP ..... soubory potřebné pro spuštění aplikaci v Eclipse
│   ├── .settings
│   │   └── org.eclipse.jdt.core.prefs
│   ├── bin
│   │   └── sp
│   │       └── xpsrutk00
│   │           ├── GUI.fxml
│   │           ├── GUI_Controller.class
│   │           ├── Main.class
│   │           ├── SendMail$1.class
│   │           └── SendMail.class
│   ├── src ..... zdrojové kódy v jazyce Java
│   │   └── sp
│   │       └── xpsrutk00
│   │           ├── GUI.fxml
│   │           ├── GUI_Controller.java
│   │           ├── Main.java
│   │           └── SendMail.java
│   ├── .classpath
│   ├── .project
│   └── .build.fxbuild
├── Javamail-1.4.6 ..... knihovna pro zasílání emailů
│   └── mail.jar
├── pdf ..... pdf soubory včetně bakalářské práce
│   ├── Bakalářská práce.pdf
│   ├── Uživatelská příručka.pdf
│   └── Příručka pro vývojáře.pdf
└── GUIforNetworkAssessmentTool.jar ..... spustitelná aplikace
```