

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



# 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

## PRIVÁTNÍ SÍŤ V OBLASTI TELEFONIE

PRIVATE NETWORKS IN THE FIELD OF TELEPHONY

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Libor Mašát

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Vladislav Škorpil, CSc.

BRNO 2020

# Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Telekomunikační a informační systémy**

Ústav telekomunikací

**Student:** Libor Mašát

**ID:** 171990

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2019/20

**NÁZEV TÉMATU:**

## Privátní síť v oblasti telefonie

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou privátních sítí v oblasti telefonie. Věnujte se používané kabeláži i bezdrátové komunikaci, rozeberte možné poruchy, věnujte se různým parametrům spojení. Navrhněte privátní síť, kterou otestujte při zátěži. Situaci simulujte pomocí vhodných programů, např. Matlab, Wireshark, apod. Výsledky simulací i praktických měření podrobte diskusi, porovnejte je a zhodnoťte. Vypracujte minimálně dvě laboratorní úlohy pro studenty včetně vzorových protokolů a manuálů pro učitele.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] PUŽMANOVÁ, Rita. Moderní komunikační sítě A-Z. Computer Press, Brno 2007

[2] ŠKORPIL, Vladislav. Vysokorychlostní komunikační systémy. FEKT, Brno 2014

**Termín zadání:** 3.2.2020

**Termín odevzdání:** 8.6.2020

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Vladislav Škorpil, CSc.

**prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.**  
předseda rady studijního programu

### 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 zabývá problematikou privátních sítí v oblasti telefonie. Věnuje se používané kabeláži i bezdrátové komunikaci, rozebírá možné poruchy a věnuje se různým parametrům spojení. Výstupem práce jsou dvě laboratorní úlohy zaměřené na VoIP telefonii. První laboratorní úloha analyzuje komunikaci použitých SW telefonů (Zoiper, X-Lite) v programu Wireshark. V druhé laboratorní úloze je sestavena SW privátní síť ve virtuálním prostředí. V tomto virtuálním prostředí jsou nainstalovány a nakonfigurovány dvě SW ústředny FreePBX. Pomocí třech VoIP telefonů (Zoiper, X-Lite a MicroSIP) je realizován audio hovor při běžném provozu a při zatížení. Pomocí programu Wireshark jsou zobrazeny grafy a data o komunikaci.

## **Klíčová slova**

VoIP, FreePBX, SW telefon, Wireshark, SIP

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the issue of private networks in the field of telephony. It deals with the used cabling and wireless communication, discusses possible faults and deals with various connection parameters. The output of the work are two laboratory tasks focused on VoIP telephony. The first laboratory task analyzes the communication of used SW phones (Zoiper, X-Lite) in the Wireshark program. In the second laboratory task, the SW private network in a virtual environment is compiled. Two FreePBX control panel SWs are installed and configured in this virtual environment. Using three VoIP phones (Zoiper, X-Lite and MicroSIP), an audio call is made during normal operation and under load. Graphs and communication data are displayed using Wireshark.

## **Keywords**

VoIP, FreePBX, SW phone, Wireshark, SIP

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Privátní sítě v oblasti telefonie jsem vypracoval 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si 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.

V Brně dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladislavu Škorpilovi, CSc., za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování práce. Také bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu v průběhu celého studia.

V Brně dne .....

.....

podpis autora

# Obsah

Úvod .....	6
1 úvod do historie komunikace.....	8
1.1 Historie a postupý vývoj až po současnost.....	8
1.2 Použitá kabeláž.....	9
1.2.1 Symetrické kabely .....	9
1.2.2 Asymetrické kabely.....	10
2 Bezdrátová komunikace .....	11
3 VoIP.....	15
3.1 Architektura VoIP.....	15
3.2 Kvalita služeb ve VoIP .....	16
3.3 Metody hodnocení kvality hovorů.....	16
3.4 Bezpečnost VoIP telefonie .....	17
3.5 Standard využitý ve VoIP telefonii .....	18
3.5.1 H.323 .....	18
3.6 Popis hlasových kodeků ve VoIP.....	18
3.6.1 G711.....	18
3.6.2 G722.....	19
3.7 Protokoly používané ve VoIP .....	19
3.7.1 MGCP .....	19
3.7.2 IAX .....	19
3.7.3 SIP trunk .....	19
3.7.4 SIP.....	20
3.7.5 RTP .....	21
3.7.6 UDP protokol.....	21
3.7.7 RTCP.....	22
4 Telefonní ústředny.....	23
4.1 Analogové telefonní ústředny.....	23

4.2	Digitální telefonní ústředny .....	23
4.3	Softwarové ústředny .....	24
4.3.1	Koncová komunikační zařízení .....	24
4.4	Parametry spojení při VoIP komunikaci .....	25
4.5	Poruchy ve VoIP komunikaci .....	26
5	Softwarové VoIP telefony použité v laboratorních úlohách .....	29
5.1	X-Lite.....	29
5.2	Zoiper.....	29
5.3	MicroSIP.....	29
6	Program využívaný v rámci laboratorních úloh .....	30
6.1	Wireshark.....	30
7	Laboratorní úlohy .....	31
7.1	Vypracování první laboratorní úlohy .....	31
7.2	Vypracování druhé laboratorní úlohy.....	42
8	Závěr.....	65



## Seznam obrázků

Obr. 1: Vytvoření SIP účtu .....	33
Obr. 2: Nastavení portů .....	33
Obr. 3: Zahájení hovoru.....	34
Obr. 4: Zachytávání RTP.....	35
Obr. 5: X-Lite metoda INVITE .....	35
Obr. 6: X-Lite metoda 200 OK.....	36
Obr. 7: X-Lite metoda 180 Ringing.....	36
Obr. 8: X-Lite metoda BYE .....	37
Obr. 9: X-Lite RTP protokol .....	37
Obr. 10: Zoiper metoda INVITE .....	38
Obr. 11: Zoiper metoda REGISTER .....	38
Obr. 12: Zoiper metoda SUBSCRIBE.....	39
Obr. 13: Zoiper metoda ACK.....	39
Obr. 14: Zoiper metoda BYE .....	40
Obr. 15: Zobrazení zahájení a ukončení komunikace softwarových telefonu X-lite a X-lite v rámci jedné ústředny bez zatížení.....	49
Obr. 16: Zobrazení zahájení a ukončení hovoru v rámci jedné ústředny bez zatížení s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP, s video hovorem.....	50
Obr. 17: Komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP bez video hovoru .....	51
Obr. 18: Komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonů X-lite a X-lite bez video hovoru .....	52
Obr. 19: Komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem.....	53
Obr. 20: Komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP bez videohovoru .....	54
Obr. 21: komunikace v rámci dvou ústředn zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonů X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s.....	55
Obr. 22: Komunikace v rámci dvou ústředn zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonu X-lite a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty .....	56

Obr. 23: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty .....	57
Obr. 24: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení hovoru bez zatížení s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 30 s .....	58
Obr. 25: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonu X-lite a Zoiper s délkou hovoru 30 s .....	59
Obr. 26: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonu X-lite a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty .....	60
Obr. 27: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení hovoru se zatížením s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 30 s .....	61
Obr. 28: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty .....	62

## Seznam tabulek

Tab. 1: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefonu X-lite a X-lite, bez videohovoru .....	49
Tab. 2: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefonu MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem .....	50
Tab. 3: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefonu MicroSIP a MicroSIP, bez videohovoru .....	51
Tab. 4: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefonu X-lite a X-lite, bez videohovoru .....	52
Tab. 5: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefonu MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem .....	53
Tab. 6: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefonu MicroSIP a MicroSIP, bez videohovoru .....	54
Tab. 7: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefonu X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s .....	55
Tab. 8: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefonu X-lite a Zoiper, délka hovoru 3 minuty .....	56
Tab. 9: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefonu Zoiper a Zoiper, délka hovoru 3 minuty .....	57
Tab. 10: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefonu Zoiper a Zoiper, délka hovoru 30 s .....	58
Tab. 11: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefonu X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s .....	59
Tab. 12: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefonu X-lite a Zoiper, délka hovoru 3 minuty .....	60
Tab. 13: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefonu Zoiper a Zoiper, délka hovoru 30 s .....	61
Tab. 14: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefonu Zoiper a Zoiper, délka hovoru 3 minuty .....	62

# ÚVOD

V průběhu několika posledních let, kdy se internet stal součástí téměř každé domácnosti včetně mobilních telefonů se IP telefonie stává více a více aktuální. Analogové telefoní linky se postupně vytrácejí a jsou nahrazovány buď mobilními telefony nebo VoIP technologií, která své uplatnění našla především ve firmách. V domácnostech se nejčastěji používají alternativní varianty VoIP (Voice over IP) jako je Zoiper, X-Lite nebo MicroSip. Každá z těchto aplikací má své požadavky na provoz. Aby tyto softwarové telefony mohli pracovat co nejefektivněji, musí být v síťovém provozu zajištěna kvalita služeb.

Kvalita služeb QoS (Quality of Services) umožňuje určit typ datového provozu tak, aby byly splněny požadavky na ztrátovost dat, zpoždění, doručení a pravidelnost doručení. VoIP svou kvalitou služeb využívají hlavně se spojením v rámci internetu. Internet je síť využívaná celosvětově v závislosti na TCP/IP protokolech.

IP telefonie je vhodná pro telefonování po síti, avšak místo telefonního čísla se využívá IP adresa. Obrovskou výhodou VoIP telefonie je její bezplatnost. Stažení VoIP telefonu je jednoduché. Většinou jeho instalace trvá pár minut. Nutné je však internetové připojení, které je pro VoIP telefony nezbytné. Internet však má v dnešní době skoro každý, a proto se v rozvojových zemích stále víc využívají právě VoIP telefony. Další obrovskou výhodou je i možnost webkamery, kde je využitelný nejen přenos hlasu, ale i videa. Při video telefonii se tak mohou účastníci nejen slyšet, ale i vidět. Nezáleží ani na tom, kde se právě nachází. Pokud má dotyčný uživatel přístup k internetu, může hovor probíhat i mezi kontinenty.

Cílem bakalářské práce je sestavení privátní sítě, která se poté otestuje při zátěži a bez zátěže. Laboratorní úloha je realizována v programu Wireshark, kde probíhá zachytávání protokolů SIP (Session Initiation Protocol), RTP (Real-time Transport Protocol) a RTCP (RTP Control Protocol) v závislosti na kvalitě služeb. První kapitola je věnována historii komunikace. Druhá kapitola se věnuje používaným protokolům v rámci VoIP telefonie. Třetí kapitola je věnována

technologiím VoIP, kde je zmíněna architektura VoIP, digitalizace hlasu a rozdíl mezi telefonní sítí a VoIP. Čtvrtá kapitola popisuje kabeláž v telefonii. Pátá kapitola je věnována ústřednám využívaných v telefonii, a to jak v analogové, tak i v digitální. Šestá kapitola popisuje funkci jednotlivých softwarových VoIP telefonů, mezi které patří X-Lite, Zoiper a MicroSip. Další části bakalářské práce jsou pak věnovány realizaci samotných laboratorních úloh. V té jsou otestovány jednotlivé softwarové telefony při zátěži a v běžném provozu.

# 1 ÚVOD DO HISTORIE KOMUNIKACE

V průběhu let se telefonie vyvíjela od analogové technologie, digitální a v dnešní době po bezdrátovou a VoIP (Voice over IP) telefonii. Největších změn dosáhla od druhé poloviny dvacátého století, kdy se k analogovému přenosu přidal přenos digitální. VoIP se rozvíjela, až na konci dvacátého století kdy v roce 1996 vznikly i první standardy, které se postupně vyvíjely. [1]

## 1.1 Historie a postupý vývoj až po současnost

V roce 1875 si Alexander Graham Bell nechal patentovat telefon. Tímto vynálezem, který byl ještě v průběhu několika let zdokonalován a upravován, mohli lidé komunikovat na dlouhé vzdálenosti v reálném čase. K tomu aby bylo možné uskutečnit hovor mezi americkým kontinentem a Evropou byla vybudována pevná telefonní síť. Tyto telefonní sítě se rozšiřovaly velmi pomalu, protože byly finančně náročné, pokud bylo místo, které muselo být připojeno k síti, muselo být k němu zavedeno kabelové spojení. Tato síť měla v čele mezinárodní ústřednu, která se starala o mezinárodní hovory. Dále se tato síť rozvětvovala na meziměstské telefonní ústředny a na pobočkové ústředny. Tento systém fungoval celá desetiletí. V roce 1973 se společnost DRAPA- defense advanced research projects agency začala zabývat myšlenkou jak by se hlasová komunikace dala přenést pomocí sítě ARPANET což byla experimentální paketová síť. V tomto roce to bylo vše na úrovni experimentu. Nebylo možné to použít i v praxi a to z toho důvodu, že sítě měly velmi malé přenosové rychlosti a byl velký nedostatek v pokrytí sítí. Data se tedy přenášela v sítích, které byly určeny pro přenos hlasu. Tuhle možnost zajišťovali modemy. Změnu přinesl až rok 1995 kdy se objevil první softwarový telefon od společnosti Vocaltec, kdy byl přenos hlasu umožněn pomocí internetu a ne pomocí telefonních linek. Byla to otázka financí kdy uživatel, který využíval tento softwarový telefon, nemusel platit vysoké poplatky za hovor a nemusel si dělat starosti ohledně vzdálenosti koncového účastníka. Hovory mezi účastníky bylo možné uskutečnit na počítačích, které museli mít zvukovou kartu, mikrofon a stejného softwarového klienta. Spolehlivost přenosu a kvalita zvuku nebyla nijak vyjimečná. Dost často se stávalo, že se

spojení přerušilo a nebo se vytratil či zasekával zvuk. Díky rozšíření širokopásmových sítí, které měly menší zpoždění bylo možné pokročit i s touto technologií. Je rok 1998 a poprvé se objevuje VoIP, které začaly firmy používat místo klasického telefonu. IP telefonie, u které se zpočátku musel ještě používat pro umožnění spojení počítač, přišla nedlouho po VoIP. Služby, které VoIP nabízeli byly podporovány sponzorskými dary. Vlastní výdělky představovaly zanedbatelné množství financí. VoIP služby byly nabízeny zdarma a to hlavně kvůli tomu, že měly velké technické komplikace. To se změnilo když výrobci jako Cisco systems a Nortel uvedli na trh zařízení, která byla přímo určená k VoIP komunikaci. Tím odpadla nutnost použít ke komunikaci počítač. Zařízení vyráběná pro VoIP se postupem času stávají i cenově dostupnější což má za následek nejenom zavedení do středních firem, které komunikují se vzdálenými pobočkami, ale i zavádění do domácností. Po roce 2000 se VoIP nejvíce rozšiřuje. Zvyšuje se i kvalita služby a pomáhá i růst přenosové rychlosti internetu. Krom těchto faktorů je jedním z důvodů rozvoje i fakt, že cena za hovorné je relativně nízká a to se týká i ceny na pořízení zařízení. Pro zkvalitnění služby bylo změněno několik standardů, které měli využít v přenášení paketů a pro jejich přepínání při tom jak procházejí sítěmi. V této době přicházejí na trh jak velcí operátoři, kteří ke svým službám přidávají i VoIP tak menší společnosti, které nabízejí připojení k internetu a VoIP mají jako doplněk. Dnes se prodávají IP telefony, které mají podporu protokolu SIP (Session Initiation Protocol). S okolím mohou komunikovat pomocí několika bezdrátových technologií jako je Wi-Fi (Wireless Fidelity), WiMax a nebo Bluetooth. Zařízení si dokáže zvolit takovou cestu, která bude nejméně cenově nákladná. [2]

## 1.2 Použitá kabeláž

Tato kapitola se věnuje kabeláži využívané pro komunikační technologie s bližším rozdělením na symetrické a asymetrické kabely.

### 1.2.1 Symetrické kabely

Přenos informace se nejčasteji uskutečňuje pomocí vodičů v párech. Telekomunikační kabel obsahuje několik těchto párů. Aby se zabránilo u těchto kabelů rušení, tak jsou páry krouceny. Existuje několik variant stínění kabelů. Jedna z možností je nestíněný kabel označený UTP (Unshielded Twisted Pair), který se využívá v domácnostech a některých

komerčních budovách. Je také nejvíce ohebný a nejlevnější. Na místech, kde může docházet k rušení například kvůli elektromagnetickému záření, se používá kabel, který má označení STP (Shielded Twisted Pair). Tento kabel má stíněné všechny páry. Pro extrémně rychlé přenosy se používají optické kabely [7]. Rozlišují se dva typy parametrů pro symetrické kabely. První jsou přenosové s vlastnostmi jako je útlum a impedance. Ta je pro každý kabel jiná. Pro kabel STP je impedance 150  $\Omega$ , zatímco pro UTP kabel je to 100  $\Omega$ . Dalšími vlastnostmi je časový neklid a zpoždění přenosu signálu. Tyto symetrické kabely se nedají používat pro frekvence větší než 15 MHz, protože se pak projevují neúměrné ztráty. Stíněné kabely jsou tvořeny měděnými vodiči, které jsou stočené tak, že tvoří dvojice. Jeden pár vysílá a druhý přijímá. Kabely UTP a STP se rozdělují do šesti kategorií, které určují jejich výkonnostní kritéria. Nejčastěji se používá UTP kategorie 5. [8]

### 1.2.2 Asymetrické kabely

Symetrické kabely nejsou schopny přenášet širší frekvenční pásma z důvodu vyrovňování vazeb. Proto se pro tyto případy využívají koaxiální kabely, u kterých tento problém nevzniká. Koaxiální kabel je tvořen koaxiální trubkou s vodičem uprostřed. Elektromagnetické pole se soustřeďuje uvnitř vodiče. Pokud se tímto kabelem přenášejí nižší kmitočty (řádově  $10^4$  Hz), musí být použito stínění, které je složeno ze dvou poměděných ocelových pásů, které jsou navinuté na vnější trubku [9]. Hodnota impedance koaxiálních je od 50 do 100  $\Omega$ . Pro ethernet se používají dva typy koaxiálních kabelů a to silný a tenký. Silný koaxiální kabel má tloušťku 10 mm a je obklopen čtyřmi vrstvami stínícího a izolačního materiálu. Používá se pro ethernet 10BASE-5. Jeho instalace je náročná vzhledem k tomu jak je silný a kolik vrstev obsahuje. Tenký koaxiální kabel je v tomto ohledu na manipulaci mnohem jednodušší, neboť se lépe ohýbá. Izolaci tvoří pouze jedna vrstva, narozdíl od čtyř u silného koaxiálního kabelu. Nevýhodou je, že jedna vrstva neochrání kabel před vnějšími vlivy, tak jako je tomu u silného koaxiálního kabelu. Používá se na menší vzdálenosti pro ethernet 10BASE-2. Tento typ kabelu ale není stejný jako koaxiální kabel pro televizní příjem. Tyto kabely se liší ve své impedanci. Televizní koaxiální kabel má impedanci 75  $\Omega$  zatímco koaxiální kabel pro ethernet má impedanci 50  $\Omega$ . [8]



## 2 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE

Technologie bezdrátové komunikace vznikla v 19. století a v průběhu několika desítek let se vylepšovala a vylepšuje se i v dnešní době, kdy je tato technologie jedna z nejpoužívanějších možností pro přenos informací od jednoho zařízení na zařízení druhé. Přenos se uskutečňuje pomocí elektromagnetických vln, které na různých frekvencích přenášejí danou informaci. V dnešní době pomocí bezdrátové technologie pracuje většina chytrých domácích spotřebičů, jako jsou tiskárny, notebooky, mobilní telefony, lednice, termostaty, ale i kompletně celé domácnosti, které jsou například prostřednictvím WiFi řízeny i ze vzdáleného přístupu. [19]

### Satelitní komunikace

Satelitní komunikace umožňuje uživatelům být v kontaktu a to téměř kdekoliv na světě. Tato komunikace se skládá z vesmírné složky, což je satelit a pozemní složky, což je anténní přijímač, který je buď pevný, nebo mobilní. Signál má formu modulovaného mikrovlnného paprsku. [19]

### Komunikace prostřednictvím infračerveného paprsku

Tato technologie komunikuje pomocí infračerveného záření. Používá se například u dálkového ovládání na televizi nebo video přehrávače a bezpečnostních kontrol. Vysílání může být pouze na krátkou vzdálenost řádově pár metrů. Pro komunikaci je nutné mít LED (Light Emitting Diode) vysílač, který vysílá infračervený signál a fotodiody receptor jako přijímač. [19]

### Rádiová komunikace

Jedná se o první bezdrátovou komunikační technologii, která má i dnes velmi široké využití. Multikanálová rozhlasová stanice dovoluje jednotlivým uživatelům komunikovat na kratší vzdálenosti. Většinou se tato rádiová komunikace využívá pro rozhlasové vysílání, kdy jednotlivé rozhlasové stanice vysílají rádiové vlny ke svým posluchačům. Posluchači mohou rádiové vlny zachytit pomocí přijímacích antén, kterých je více druhů a naladit je na svém přijímači. Signál v podobě elektromagnetických signálů se vysílá i na velké vzdálenosti. [19]

### Mikrovlnná komunikace

Tato technologie využívá rádiové vlny s délkou vlny v řádech centimetrů. Existují dvě možnosti přenosu informace prostřednictvím této technologie. První z nich je satelitní metoda, kdy data jsou přenášena pomocí satelitu, který obíhá zemi ve výšce zhruba 36 000 km nad zemí. Stanice, které jsou na zemi, přijímají a vysílají signál od satelitu s kmitočtem od 11 do 14 GHz a s přenosovými rychlostmi od 1 do 10 Mbit/s. Druhá metoda využívá dvě mikrovlnné věže s přímým pohledem mezi sebe bez překážek. Rozsah kmitočtu tohoto signálu je od 4 do 6 GHz s přenosovou rychlostí 1 až 10 Mbit/s. Nevýhodou u těchto technologií je negativní ovlivnění počasí například dešť či sněhovou vánici. [19]

### Wi-Fi

WiFi (Wireless Fidelity) je jednou z bezdrátových technologií, které mají relativně nízký dosah. Tato technologie je založená na standardech IEEE 802.11 a pro přenos využívá rádiové vlny. Záleží na použité frekvenci a zisku použitých antén. Tuto technologii dnes využívají notebooky, chytré telefony, tiskárny a jiná elektronická zařízení s možností připojení k WiFi. Síť, které WiFi router vytváří, jsou většinou chráněné hesly z důvodu možného zneužití. Dnes se nejvíce používá vysílací pásmo 2,4 a v poslední době i pásmo 5 GHz. Problém pro pásmo 5 GHz nastává, když stojí v cestě signálu překážky jako je betonový panel nebo cihlová zeď. Tyto překážky zvládá lépe pásmo 2,4 GHz, které má i větší dosah. Problém u pásma 2,4 GHz nastává tehdy, když více WiFi routerů vysílá v blízkosti sebe a šířka pásma, která je obvykle 20 a 40 MHz se zahltí. Pak nastává rušení a výpadky sítě případně velké zpoždění. Tento problém se vyřešil frekvenčním pásmem 5 GHz, kde je mnohem více prostoru pro vysílání několika stanic a tyto stanice se tak mezi sebou neruší. [19]

Dnes je více než polovina internetového provozu realizována pomocí WiFi sítěmi. První verze standardu byla 802.11 nazývaná legacy, která se dnes již nepoužívá, ale pomohla zavést principy, na kterých pracují novější standardy. Přenosová rychlost tohoto standardu IEEE 802.11 byla 1 Mbit/s a 2 Mbit/s. Existovali tři možnosti pro přenos dat. První možnost byla s využitím infračerveného záření. Druhá možnost umožňovala přenášení dat za pomoci rádiových vln ve frekvenčním pásmu 2,4 GHz pomocí

frekvenčních skoků. Třetí možnost umožňovala data přenášet pomocí přímého rozprostření spektra. První doplněk byl představen v roce 1999. Standard s označením IEEE 802.11 a už dokázal pracovat v pásmu 5 GHz. Nerušil se tedy s jinými zařízeními, ale měl nižší dosah než pásmo 2,4 GHz. Hlavní nevýhodou byla nekompatibilita se zařízeními, která pracovala se standardem legacy. Společně se standardem IEEE 802.11 a byl představen i standard IEEE 802.11 b, který na rozdíl od IEEE 802.11 a pracuje v pásmu 2,4 GHz a tím podporuje i starší zařízení. Standard IEEE 802.11 b mělo být volné pokračování standardu legacy. Maximální přenosová rychlost pro tento standard byla 11 Mbit/s. Po roce 2003 byl představen standard IEEE 802.11 g, který vycházel ze standardu IEEE 802.11a ale pracoval pouze ve frekvenčním pásmu 2,4 GHz. Jeho přenosová rychlost je 54 Mbit/s. V roce 2009 se představil standard 802.11 n, který pracuje jak ve frekvenčním pásmu 2,4 tak v pásmu 5 GHz. Tento standard se už vyrovná technologii Fast Ethernet. Dosahuje maximální přenosové rychlosti 300 Mbit/s. Zvětšila se zde i šířka pásma oproti předchozím standardům a to z 20 MHz na 40 MHz, která má za následek rychlejší přenos dat. Rok 2013 přináší další standard a to IEEE 802.11 ac, který čerpá ze standardu IEEE 802.11 n. Rozšířila se kapacita pro vyšší přenosovou rychlost. Tento standard pracuje v pásmu 5 GHz a podporuje i větší šířku pásma konkrétně 80 MHz a 160 MHz. Od roku 2013 se na trhu objevili i další standardy. Některé z nich byly pouze k laboratornímu použití. Nejnovějším standardem je IEEE 802.11 ax. Přenosová rychlost pro standard IEEE 802.11ax pro frekvenční pásmo 2.4 GHz je až 1148 Mbit/s a při využití IEEE 802.11ax ve frekvenčním pásmu 5 GHz až 4804 Mbit/s. [20]

### Mobilní komunikační systémy

Jako příklad zařízení, které využívají tuto technologii, jsou mobilní a bezdrátové telefony. Mnoho uživatelů komunikuje přes jedno frekvenční pásmo. Mobilní telefony, na rozdíl od bezdrátových, mají mnohem větší rozsah. Některé telefony využívají i signály ze satelitů. [19]

### Technologie Bluetooth

Tato technologie umožňuje připojit zařízení, která mohou prostřednictvím Bluetooth vytvořené sítě posílat data na druhá zařízení. Příkladem mohou být bezdrátové myši a klávesnice, propojení televize s chytrým telefonem nebo chytrý telefon s bezdrátovými sluchátky. Tato síť patří do skupiny PAN sítí (Personal Area Network), které mají dosah v řádu několika metrů. Dnes již existuje Bluetooth verze 5 s rychlostí přenosu dat až 255 Mbit/s, bohužel ztrácí kompatibilitu s verzemi nižšími (například 4.0). [19]

## 3 VoIP

VoIP (Voice over Internet Protocol) ve velké míře v malých a středních firmách nahradila analogové telefony. Tato technologie přenáší hlas pomocí paketů v digitální formě prostřednictvím protokolů TCP (Transmission Control Protocol) a UDP (User Datagram Protocol). K rozvoji VoIP došlo ke konci 20. století, a to díky rozšíření internetu. VoIP využívá buď sadu protokolů H.323 a signalizační protokol SIP (Session Initiation Protocol) s přenosovým protokolem RTP (Real-time Transport Protocol). Při VoIP komunikaci musí být zajištěna QoS (Quality of Service). Mezi výhody IP (Internet Protocol) telefonie patří nízká pořizovací cena hlavně pak nízká cena na provoz a odpadnutí problému s navyšováním kapacity služeb. Mezi nevýhody patří kolísání zpoždění, menší spolehlivost [12]. Za velkou výhodou IP telefonie se považuje možnost telefonování více uživatelů v jednom okamžiku, a to bez toho, aby se navzájem rušili, anebo museli čekat, až ten první ukončí hovor. To je velký rozdíl oproti pevným linkám, které během hovoru mají obsazený celý kanál. Další výhodou VoIP je volání do zahraničí bez placení drahého mezinárodního telefonního spojení. Někdy se stává, že pojmy VoIP a IP telefonie se definují jako jedna a ta samá věc. VoIP je systém, který zajišťuje telefonní služby v IP sítích. Internetová telefonie je pak obecně přenos hlasu pomocí internetové sítě. Je to situace kdy se internet použije jako možnost přenést hlas z místní telefonní sítě do vzdálené sítě. Existuje několik standardů, které tento videotelefon využívá a to proto, aby mohl komunikovat jak přes analogovou síť, a to pomocí protokolu H.324, tak přes ISDN (Integrated Services Digital Network) protokolem H.320 a samozřejmě přes IP síť protokolem H.323 nebo SIP. Přenos obrazu má mnohem vyšší požadavky než přenos hlasu. Vyžaduje mnohem vyšší přenosovou kapacitu a úsporné kodeky. Existují i videoservery, které dokáží řídit několik videokonferencí naráz. [14]

### 3.1 Architektura VoIP

Architekturu VoIP se dá přirovnat k telefonní síti, kterou tvoří několik částí. Základem mohou být IP telefony, a to jak hardwarové, tak softwarové, které zajišťují přístup do VoIP sítě a umožňují volání. Další součástí je ústředna, která se stará o přístup do IP sítě,

řídí přesměrování a vyhledává uživatele. Třetí částí je brána, která má za úkol směrování mezi sítěmi. [10]

### 3.2 Kvalita služeb ve VoIP

QoS je pro VoIP zásadní, a to hlavně z důvodu, že hlasová aplikace je vůči zpoždění velice citlivá narozdíl od přenášených souborů pomocí FTP. Může zde vzniknout problém s nedostatečnou šířkou pásma, která způsobuje, že pakety přicházejí se zpožděním nebo jsou rovnou zahozeny. Ve VoIP nesmí být zpoždění větší než 150 ms v jednom směru. Pokud pakety přicházejí v časové neuspořádanosti, může se to na hovoru projevit zasekáváním nebo mezerami. Tato neuspořádanost by neměla být větší než 30 ms. Pokud se přeplní vyrovnávací paměť u switchů a routerů, může dojít k zahození paketů. Pokud je ztrátovost paketů větší jak jedno procento, projeví se to mezerou v hovoru. U protokolu UDP, který se pro přenos hlasu používá nejčastěji, se zahozené pakety znovu nepřenášejí. Existuje několik způsobů, jak zabezpečit kvalitu služeb. Toho se docílí rozdělením do několika kategorií. Jedna z těchto kategorií je kategorie pro malá zpoždění, ve které jsou hlasové a datové pakety. Druhou kategorií je kategorie s nízkou prioritou, kde se řadí přenosy protokolem FTP. [11]

### 3.3 Metody hodnocení kvality hovorů

Aby se kvalita hovoru dala nějakým způsobem hodnotit, existuje takzvaná stupnice MOS (Mean Opinion Score), která obsahuje průměr hodnot (známek) na stupnici, které byly vytvořeny při testech pro hovory a poslech. Tato stupnice obsahuje pět hodnot popisující kvalitu. První je vynikající kvalita, která popisuje reálný hovor. Druhá známka je dobrá kvalita, kdy se na malý okamžik objeví rušení, které ale nijak neovlivňuje zvuk a uživatel to nijak neobtěžuje. Třetí známkou je průměrná kvalita, kde rušení už znatelně ovlivňuje hovor. Předposlední známkou je nízká kvalita, kde kvalita hovoru poklesla tak, že je hlas v hovoru těžko rozeznatelný a mnohdy už jsou některá slova téměř nerozeznatelná. Poslední známkou je špatná kvalita, kdy je hovor téměř nemožný, zvuk je nesrozumitelný a komunikace je většinou přerušena. Pro sestavení stupnice MOS byly použity tři metody. První metoda je metoda subjektivní, kdy se vybralo několik lidí, kteří posuzovali kvalitu přenášeného hlasu. Tato metoda se moc v praxi nevyužívá, protože, aby toto posouzení bylo objektivní, musí se do tohoto průzkumu zapojit co největší počet lidí. Druhou

metodou je metoda intrusivní, která porovnává signál původní a signál přenesený. Poslední metodou je metoda neintrusivní. Tato metoda se používá nejvíce, a to hlavně proto, že se implementuje do monitorovacího zařízení. Subjektivní metody, které se používají pro hodnocení kvality hovorů se dnes tak často nepoužívají, a to hlavně kvůli časové a finanční náročnosti. Tyto metody definuje standard ITU-T P.800. První metodou subjektivního hodnocení jsou konverzační testy (Conversation Opinion Test), které probíhají v laboratořích, kde se přidávají do daného provozu například šumy. Tyto laboratoře mají přesné rozměry a lidé, kteří mají hodnotit konverzační test, jsou rozděleni po jednom do každé takovéto místnosti. Výsledkem je pak MOS stupnice. Další metodou je metoda ACR (Absolute Category Rating), která má nachystané poslechové testy a místnosti, kde se nevyskytuje šum. Testovacím osobám jsou pouštěny tyto poslechové testy s určitou časovou mezerou a v pořadí, které je náhodné. Výsledkem je hodnocení jednotlivých poslechových testů (vzorků) na MOS stupnici. Další metodou pro objektivní hodnocení kvality je metoda PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality), u které se porovnává jak signál, který prošel komunikačním systémem, tak i signál originální. Jako další ze standardů, který vyhodnocuje objektivní měření kvality hovorů, je standard ITU-T P.563. Tato metoda k vyhodnocování kvality využívá pouze deformovaný signál. Tento standard se tedy řadí k neintrusivním metodám. Všechny signály se hodnotí zvlášť. Používá se detektor hlasu VAD (Voice Activity Detector), který signál rozebere na ty části, kde je obsažen hlas. Poté je signál analyzován. Odtud se určí několik parametrů, pomocí kterých je hodnocena jejich kvalita. Dále je zde analyzátor šumu a analyzátor přerušování a tlumení hlasu. Všechny zmiňované metody hodnotí kvalitu poslechu, ale metoda E-model, kterou definoval standard ITU-T G.107, počítá i s přenosovou charakteristikou. V tomto případě je kvalita závislá i na zpoždění. Pokud tedy uživatel vyšle signál, který bude mít vysokou kvalitu, ale bude mít veliké zpoždění, bude jeho kvalita vyhodnocena jako nedostatečná. [13]

### 3.4 Bezpečnost VoIP telefonie

Po rozšíření IP telefonie do firem a domácností se stala tato technologie cílem několika typu útoků jako je například útok na ústřednu, kdy je na ni posláno mnoho požadavků a tato ústředna pak není schopna vyřizovat požadavky, anebo je zde velké zpoždění. Další z mnoha útoků je útok na kvalitu a funkci služeb. Tento útok přesměrovává hovory,

ukončuje hovory nebo je narušuje. K nejvíce nebezpečným se řadí odposlech hovorů, kde může útočník získat přihlašovací údaje například k bankovnímu účtu, který uživatel používá přes telefon. Proti těmto útokům se používá zabezpečení signalizace, které používá bezpečnou autentizaci a šifrování. Další možností je zabezpečení přenosu hlasu, a to pomocí SRTP (Secure Real-Time Transport Protocol), která se musí použít se současnými SIP. [6]

## 3.5 Standard využitý ve VoIP telefonii

Tato kapitola se věnuje standardu, který je využit ve VoIP telefonii a který je primárně použit pro videokonference.

### 3.5.1 H.323

H.323 je množina protokolů, která byla roku 1996 definována ITU (International Telecommunication Union). Tato množina protokolů je binární a pro své účely využívá TCP protokol. Využívá se pro videokonference. Nejznámější z těchto protokolů je H.225, který má za úkol navázat spojení mezi účastníky, postup při registraci a hlídá stav hovoru. Protokol H.245 řídí tento hovor a vyměňuje parametry přenosového kanálu. Sbírá informace o podporovaných kodecích. Q.931 má za úkol zajistit propojení s analogovou sítí. Tato skupina protokolů má výhodu v největších možnostech a nevýhodu ve složitosti. Je proto nahrazována jednodušším a efektivnějším protokol SIP. [12]

## 3.6 Popis hlasových kodeků ve VoIP

V kapitole jsou blíže popsány hlasové kodeky, které tvoří nedílnou součást VoIP komunikace použité v laboratorní úloze.

### 3.6.1 G711

Jedná se o nejstarší, nejjednodušší a nejrozšířenější kodek pro digitalizaci zvuku. Pro kódování využívá logaritmickou kompresi. Vzorkovací frekvence pro telefonní síť je 8 kHz s rozlišením 8 bitů. Šířka pásma je 64 kbit/s. [21] Existují verze pro Ameriku a Japonsko označené jako  $\mu$ -law a verze pro Evropu s označením a-law. Verze  $\mu$ -law využívá větší kompresi než verze a-law a proto při volání mezi sebou se tento přenos musí



překódovat. Výhodou je, že tento kodek je nenáročný na procesor. Ztráty tak nejsou téměř žádné. K možným ztrátám dochází kvůli compandingu, který navyšuje odstup signálu a šumu. Nevýhodou je jeho neúspěšnost pro přenosovou rychlost. [23]

### 3.6.2 G722

G722 je standardizovaný proprietární širokopásmový kodek, který se používal v telefonních linkách. Využíván je od roku 1988 a od roku 2008 mu vypršela licence a je tak volně ke stažení. Využívá šířku pásma pro kódování zvuku od 50 Hz do 7 kHz se vzorkovací frekvencí 16 kHz s přenosovou rychlostí 48,56 a 64 kbit/s. [22]

## 3.7 Protokoly používané ve VoIP

Tato kapitola se věnuje protokolům, bez nichž by VoIP komunikace nebyla možná.

### 3.7.1 MGCP

MGCP (Media Control Gateway Protocol) je protokol, který společnost Cisco standardizovala v RFC 2705 a RFC 2805. V jeho topologii jsou obsaženy hlasové brány s koncovými body a nějaký zprostředkovatel. Tento protokol pouze pomocí hlasové brány přepoše vytočené číslo a o zbytek se postará zprostředkovatel. [10] Na rozdíl od H.323 je tento protokol jednodušší. Telefony jsou v tomto případě propojené v centralizovaném bodě, bez kterého nemohou navázat spojení. [11]

### 3.7.2 IAX

IAX (Inter Asterisk eXchange) je transportní protokol, který vymyslela firma Digium, aby zajistil komunikaci mezi servery Asterisk. Tím, že se jedná o otevřený protokol, může se použít i v různých aplikacích čehož využívají výrobci pro své IP telefony. Tento protokol využívá jeden port UDP většinou 4569 a to pro signalizaci tak i pro hlasová data. Díky tomu, že se používá pouze jeden port, tak má firewall usnadněnou práci a u NAT (Network Address Translation) je mnohem jednodušší nastavení. [11]

Protokol IAX se také používá k propojení ústředen pomocí takzvaného trunku.

### 3.7.3 SIP trunk

SIP trunk je telefonní linkové vedení, které se přenáší přes IP a to díky protokolu SIP. Díky tomuto protokolu může poskytovatel služby připojit i více kanálů k zákaznickově

pobočkové ústředně. Mezi hlavní výhodu SIP trunku patří nižší měsíční náklady za pronájem telefonických linek. Sníží se tak poplatky za volání díky velké konkurenci. Některé SIP trunky podporují neomezené volání. Při větším množství hovorů lze bezproblému doplnit kanály. SIP trunky se také nevážou k dané lokalitě, takže pokud se například kanceláře přesunou na jinou adresu, nemusí se měnit pevné linky a tím odpadají i poplatky za přesměrování hovorů. Důležité je pro SIP trunk bezpečnost sítě proti hrozbám jako je podvodné volání. [27]

#### 3.7.4 SIP

SIP (Session Initiation Protocol) je signalizační protokol umožňující inicializaci, změny a případné ukončení relace. Tato multimediální relace může být audio hovor mezi dvěma a více uživateli, anebo video hovor mezi dvěma či více uživateli. Nemusí se ale používat pouze pro tyto relace, lze pomocí něj posílat krátké zprávy. Protokol SIP byl nadefinován v roce 1999 a od té doby je stále vyvíjen a jsou mu přidělovány nové možnosti k výraznému zlepšení jeho efektivity. Mezi základní funkce SIP protokolu se může řadit vyhledávání uživatele a změna pozice uživatele. Další z funkcí je stanovení schopností uživatele. Zda se používá audio nebo video kodek. Má také vlastnost pomocí, které se může ověřit dostupnost volaného. [3] SIP sítě jsou dělené do čtyř základních prvků, a to User Agent User, Proxy server, Redirect server a Registrar server. User Agent User se rozděluje na dvě části. První z nich je UAC (User Agent Client), který vytváří žádost, kterou posílá a poté přijímá a vyhodnocuje odpověď. Druhá část je UAS (User Agent Server), který má za úkol přijímat a dále zpracovávat žádosti od uživatele a poté vytvářet adekvátní odpovědi. Proxy server má na starost přeposílat žádosti na UAS a přeposílat odpovědi na UAC. Zajišťuje autorizaci i autentizaci pro uživatele, ale jeho primárním úkolem je směrování. Redirect server má za úkol přesměrování UAC adresy. Registrar server přijímá pouze žádosti k registraci SIP REGISTER od klienta (UAC). [5]

### Komunikace v sítích SIP

Navázání spojení pro zahájení komunikace se ve většině případů používá SIP proxy, kde je nutné, aby oba zúčastnění byli zaregistrováni na stejném serveru a se společnou doménou. Pro navázání spojení je zaslána žádost na SIP proxy, kde uložena databáze uživatelů. Pokud však volaný uživatel v této databázi není, tak domovský proxy server nasměruje svoji žádost na jiný proxy server, kde je uživatel zaregistrován. Po přijetí této žádosti probíhá domluva na jistých parametrech hovoru a komunikace probíhá už přímo mezi uživateli. Zprávy, které vytváří protokol SIP, se rozdělují na žádosti a odpovědi a jsou seskládané z hlavičky a těla zprávy. Příklad žádosti může být INVITE, kde je žádost pro sestavení nového spojení nebo pro změnu jeho parametrů. Další takovou žádostí může být ACK, která potvrzuje příjem INVITE. CANCEL zase žádá o zrušení žádosti INVITE. BYE slouží k ukončení spojení. [4]

Ke každé žádosti je připojena i odpověď, která značí stav žádosti a dělí se do šesti kategorií obecně označovaných jako 1xx až 6xx. [5]

#### 3.7.5 RTP

RTP (Real Time Transport Protocol) je protokol, který přenáší obrazová a zvuková data prostřednictvím internetu. Přenáší pakety v reálném čase. Tento protokol pracuje v aplikační vrstvě a jeho nejnovější standard RFC 3550 se používá pro internetovou telefonii a videokonference. K přenosu dat využívá protokol UDP a TCP a k signalizaci pak protokol SIP nebo H.323. RTP má svou hlavičku, ve které jsou čtyři části. První z nich je identifikátor obsahu (Payload type), který udává typ přenášených dat. Druhou částí je pořadové číslo (sequence number), které udává číslo paketu. Třetí částí je časové razítko (timestamp), které se používá pro kolísání zpoždění a poslední je identifikátor zdrojového streamu (source identifier), který určuje zdrojový tok dat. [2]

#### 3.7.6 UDP protokol

Protokol UDP (User Datagram Protocol) je jedním z protokolů TCP/IP. Má mnoho společného s protokolem TCP (Transmission Control Protocol). Je to jeho zjednodušená varianta. Protokol UDP doručuje data všemi možnými způsoby a nestará se o to, zda byly některé pakety ztraceny nebo poškozeny. Nezaručuje také doručení těchto paketů ve správném pořadí. Záhlaví UDP protokolu obsahuje číslo zdrojového portu a číslo

cílového portu. Čísla UDP portů nejsou shodná s čísly TCP portů. Tyto porty slouží k přijímání a odesílání zpráv. Záhlaví také obsahuje délku UDP datagramu a pole kontrolního součtu. [24]

### 3.7.7 RTCP

RTCP (RTP Control Protocol) je součástí RTP a má za úkol sledovat informace o kvalitě daného přenosu jako jsou jitter, zpoždění a informace o paketech. Tyto informace pak dále využívá ke zlepšení kvality hovoru. Pro VoIP analyzátoři to znamená velké zjednodušení jejich úlohy, protože díky těmto informacím nevidí komunikaci pouze v místě, kde se naslouchají. [10]

## 4 TELEFONNÍ ÚSTŘEDNY

První telefonní ústředna byla manuální ústředna, která potřebovala ke svému fungování lidskou obsluhu, která přepojovala příslušné vodiče. Tato ústředna fungovala ve státě Connecticut v USA. V roce 1892 ve státě Indiana byla uvedena do provozu první automatická ústředna, která fungovala na principu počítání pulsů zadaných kruhovou číselnicí. Jeden puls znamenal posun o jednu pozici. Pokud se zadalo více čísel, tak se to zpracovalo kaskádním zapojením voličů. Telefonní ústředny jako všechna elektronika prošly postupem času mnoha změnami. Tyto ústředny se mohou rozdělit na ústředny první až páté generace. První generace a také ta nejstarší, využívá voliče ve spojovacím poli. Druhá generace využívá ve spojovacím poli křížové spínače. Třetí generace je řízena mikro počítačem, jejíž spojovací pole je vyřešeno několika způsoby elektronického pospojování. Čtvrtá generace má soustavu řídicích jednotek, které se specializují na konkrétní problém. Pátá generace využívá přepojování paketů, podporuje multimediální komunikaci. Spojovací pole je uskutečněno softwarově a to například s pomocí VoIP. [18]

### 4.1 Analogové telefonní ústředny

Analogová telefonní ústředna převádí zvuk na elektrický signál, který přenáší po kroucené dvojlince s použitím frekvenční modulace. Napájení telefonu je řešeno pomocí této kroucené dvojlinky. Hlavní nevýhodou je rušení a útlum signálu na větší vzdálenosti. Volající, z Prahy do Košic, musel zvýšit svůj hlas, aby ho druhý uživatel vůbec mohl slyšet. [18]

### 4.2 Digitální telefonní ústředny

Převádí analogový signál na digitální pomocí A/D převodníku. Na koncové stanici se signál převádí zpět na analogový pomocí D/A převodníku, který ho obnoví do původní podoby. Kmitočet, kterým se signál vzorkuje, je 8 kHz. Digitální ústředna využívá osmi bitové kódování, které udává tok 64 Kb/s. Pokud existuje více hovorů, které je potřeba spojit, sloučí se do multiplexu. Největší využití má multiplex TDM (Time Division Multiplex), který umožní sloučení až několika tisíců hovorů do jediného páru vodičů. Nevýhodou je, že se tato technologie obtížně spojuje s technologií, které se

využívají v počítačových sítích. Proto se pro přenos hlasu nejvíce využívá digitální síť integrovaných služeb ISDN. Ta podporuje digitální síť až k uživateli. Převodník D/A je instalován až v koncovém zařízení. ISDN nenabízí jenom přenos hlasu, ale i přenos textu i obrazu a tím je tedy multimediální komunikací. Ze začátku byly problémy v kompatibilitě, což se časem vyřešilo sjednocením ISDN pro celou Evropu. [18]

### 4.3 Softwarové ústředny

Pro laboratorní, firemní a domácí použití je k dispozici několik druhů SW (Software) ústředen od různých výrobců. Tyto ústředny se dělí na licencované a nelicencované. Mezi licencované patří FreePBX, Asterisk, 3CX a atd. Tyto ústředny nabízí nadstandardní služby (větší počet registrovaných klientů, nahrávání hovorů atd.) Ale také jsou tyto ústředny k dispozici i v nelicencované verzi. Již však bez možnosti dříve zmíněných nadstandardních služeb. Samotná laboratorní úloha je realizována v jedné z těchto nelicencovaných verzí SW ústředen a proto je blíže popsána právě SW ústředna FreePBX.

#### 4.3.1 Koncová komunikační zařízení

V kapitole je popsáno rozdělení konových zařízení využívaných ve VoIP komunikaci.

##### Analogový telefon

Analogový telefon zajišťuje hovor mezi dvěma uživateli na libovolnou vzdálenost. Telefon se skládá ze sluchátka, kde obsahuje mikrofon a reproduktor a základny, která přijímá hovory a navazuje spojení s uživatelem. [18]

##### Digitální telefon

Oproti analogovému telefonu má mnohem více funkcí. Zobrazuje číslo volajícího a může se v něm vytvořit seznam telefonních čísel, který pomocí jednoho tlačítka může tyto telefonní čísla vytáčet. Kromě nastavení melodií pro jednotlivá telefonní čísla k rozlišení jednotlivých uživatelů, může mít i optickou signalizaci. Digitální telefony využívají konektory RJ11/RJ12 a to se čtyřmi nebo šesti kontakty. [18]

### Videotelefon

Videotelefon má kromě všech funkcí digitálního telefonu i možnost přenosu obrazu a zvuku. Tento telefon využívají i lidé se sluchovou vadou. Kvalita přenášeného obrazu je ovlivněna šířkou pásma a kompresí tohoto obrazu. Pro kompresi se využívá kodek H.264 a MPEG-4. MPEG-4 umožní přenos obrazu ve vysoké kvalitě. Tento přenos již vyžaduje vysokorychlostní internetové připojení a to od 256 Kbit/s a vyšší. [18]

### IP telefony

Tyto telefony se mohou rozdělit na hardwarové a softwarové. Hardwarový IP telefon je velice podobný digitálnímu telefonu. Jediné, co je u něho jiné je konektor RJ45, který využívá. Namísto RJ11 nebo RJ12. Tento telefon je napřímo připojený do ethernetové sítě. Moderní telefony podporují až gigabitové připojení. Pro připojení mezi dvěma IP telefony se nevyužívá telefonního čísla, ale IP adresy. Hardwarový IP telefon obsahuje síťový přepínač s prvním portem, který slouží pro připojení LAN a druhým portem, který vede do počítače. Tyto telefony v sobě mají počítač, který obsahuje síťovou kartu, zvukovou kartu, displej s procesorem, paměť RAM (Random Access Memory), flash paměť a operační systém. Softwarové telefony jsou aplikace nainstalované na počítači. K hovoru využívají reproduktory a mikrofon, které jsou součástí dnes už snad každého notebooku, anebo se mohou využívat headsety. Výhodou těchto telefonů je jejich pořizovací cena. Některé z těchto softwarových telefonů jsou volně ke stažení na internetu nebo alespoň jejich volně šiřitelné verze. Jiné jsou ke stažení za poplatek a poskytují i zákaznický servis a podporu. [18]

## 4.4 Parametry spojení při VoIP komunikaci

### Zpoždění

Zpoždění je doba, po kterou trvá cesta paketu od odesílatele k příjemci. Celkové zpoždění je tedy součtem těchto menších zpoždění při kódování, paketizaci, přenosovém zpoždění, zpožděním ve frontě a zpožděním při přepínání. [25]

### Jitter

Kolísání zpoždění se může definovat jako doba, která kolísá, tj. není konstatní, po kterou pakety čekají ve vyrovnávací paměti nebo v odbavovací frontě. Kolísání zpoždění závisí na několika parametrech, jako je aktuální vytížení sítě, na parametrech aktivních prvků v síti a v neposlední řadě na architektuře sítě. Dlouhé fronty mohou způsobit ztrátu paketů, pomalé zpracování a vyšší zpoždění. Pakety tak mohou mít proměnlivé zpoždění. Aby se toto kolísání omezilo, využívá se vyrovnávacích pamětí. Největší problém toto kolísání představuje pro hlasové služby. [25]

### Ztrátovost paketů

Nejvíce citlivé ke ztrátě paketů jsou VoIP služby, které i při 1% ztrátovosti mohou způsobit rušení hovoru. Nejvíce se ztrácejí pakety protokolu UDP, který neověřuje, zda-li paket dorazil k cíli nebo zda se cestou nepoškodil. Takto poškozený či vynechaný paket se projeví ve zhoršené kvalitě hovoru. [25]

### Kvalita služeb

Kvalita služeb QoS (Quality of Service) řeší, jak zabezpečit rychlou a spolehlivou výměnu dat pro aplikace, které tyto parametry požadují. Jako příklad pro tyto aplikace jsou videokonference, hovory a systém přenosu dat v reálném čase. Pod QoS spadá rychlost, ztrátovost, propustnost, jitter a spolehlivost. Tyto hodnoty se mohou srovnat s tabulkovými hodnotami a mohou vyhodnotit jaká je výsledná kvalita dané sítě. [26]

## 4.5 Poruchy ve VoIP komunikaci

### Útlum na vedení

Útlum představuje u kabelového vedení jeden z parametrů, který se může vyjádřit jako schopnost vedení přenést od vstupu na výstup signál v podobě elektrického výkonu. Parametr, který má vliv na přenos dat je útlum vedení, které má omezující dopad na přenos signálu. Pokud se má měřit útlum na vedení, je nutné nejdříve udělat kalibraci. Analyzátoři, kterými se útlum na vedení měří, mají ve většině případů funkci kalibrace a korekce naměřených hodnot. Po naměření hodnot je možnost vymodelovat primární i



sekundární parametry. Frekvenční závislosti naměřených parametrů může být zaměřen pouze pro vybrané frekvenční pásmo a omezenou přesnost.[32]

### Ztrátovost neboli ztráta paketů

Ztráta paketů může nastat, když jeden či více paketů, které se přenášejí sítí, nedorazí do koncové stanice. Je zde několik příčin ztrát paketů. První z nich je, že síť, ve které se paket přenáší, je zahlcená provozem. Další příčinou může být ztráta signálu v síti například kvůli poruše nebo rušení, selhání směrování nebo výpadek síťových ovladačů. Většinou se ztrátovost měří v procentech jako pakety ztracené k paketům odeslaných. Ztracené či jinak poškozené pakety mohou v síti způsobit problém s připojením či způsobit odchylky jako je jitter, na které nejvíce trpí služby jako je streamování, VoIP telefonie nebo hraní online her. Je zde i výjimka, kdy ztráta jednoho z tisíce paketů neznamená pro provoz žádný větší problém. Protokol jako je například TCP zajistí spolehlivé doručení paketů k cíli. Pokud je paket ztracen či poškozen, odesílatel je automaticky pošle znovu a tím se zaručí spolehlivé doručení. Nevýhoda je, že pokud TCP protokol posílá více paketů znovu, musí snížit propustnost v síti, což má za následek delší přenos než je tomu například u protokolu UDP, který pakety znovu neposílá, ale spoléhá se na to, že aplikace, kterým se pakety posílají, si s tímto výpadkem sami poradí. Proto se protokol UDP využívá například u VoIP telefonie, kde záleží na rychlosti přenosu, protože případná ztráta paketů se zde projeví ve snížené kvalitě přenosu hovoru. [30]

### Přetížení sítě

Uživatelé sdílejí svůj přístup síťovou infrastrukturou, která je pro ně společná. Většina těchto uživatelů nevyužije naplno kapacitu připojení po celou dobu připojení. Pokud však potřebují využít celou kapacitu, je jim k dispozici nejvyšší rychlost přenosu dat na omezenou dobu. Služby jako P2P (Peer-To-Peer), streamování s vysokou kvalitou přenosu vyžaduje téměř plnou kapacitu přenosu a to po delší dobu. To porušuje předpoklady pro využívání plné kapacity na krátkou dobu a způsobuje přetížení sítě a pokles výkonu přenosu. TCP protokol při větším přenosu dat sítí automaticky sníží šířku pásma. Nevýhodou je, když šířka pásma klesne pod prahovou hodnotu některých služeb, jako je právě služba streamování nebo videokonference. Tyto služby jsou při tomto přetíženém provozu nedostupné. Pokud je dlouhodobě provoz přetížený, poskytovatel

internetových služeb má možnost omezit šířku pásma pro konkrétního uživatele nebo pro konkrétní služby. Toto opatření může zajistit kvalitu služeb i v extrémně zatěžených sítích. Takové omezení je ovšem kontroverzní z toho důvodu, že jsou některé služby úplně zablokovány. [29]

### Internetové výpadky

Internetový výpadek může nastat z několika příčin. První příčinou může být přerušení místního vedení. Přerušení vedení podmořských kabelů způsobí výpadky nebo znatelné zpomalení pro velké oblasti. Země, které nemají komunikační infrastrukturu rozvinutou jako jiné země, mohou být více náchylné na výpadky a rychlost připojení kvůli nedostatečnému počtu vysokokapacitních propojení. Výpadek může ovšem nastat i kvůli lidské chybě společně s chybou softwarovou. Takový výpadek se stal v roce 1997, kdy nesprávná směrovací tabulka u poskytovatele internetových služeb způsobila narušení internetového provozu, když se šířila skrz páteřní směrovače. Tento výpadek trval po dobu několika hodin. [31]

## 5 Softwarové VoIP telefony použité v laboratorních úlohách

### 5.1 X-Lite

X-Lite vlastní firma CounterPath, je to softwarový klient, který je ekvivalentem hardwarového telefonu v počítačovém rozhraní. Pro komunikaci využívá protokol SIP. X-Lite může využívat pro svůj provoz internet, VoIP poskytovatele nebo podnikové LAN (Local Area Network). Jednou z výhod tohoto softwarového telefonu je podpora mnoha kodeků, možnost konferenčních hovorů a jejich nahrávání a video hovory. Je podporován jak u operačních systémů Windows, tak operačních systémů MAC OS X. Aby tento telefon mohl fungovat, musí mít procesor na počítači taktovací frekvenci minimálně 700 MHz, jeho RAM musí mít minimálně 256 MB a musí mít alespoň 30 MB volného místa na pevném disku. Procesor by však pro bezproblémový provoz měl mít 2 GHz. V počítači by pro komunikaci měla být i zvuková karta a internetové připojení. [15]

### 5.2 Zoiper

Zoiper je softwarový VoIP telefon, který využívá komunikační protokoly SIP, IAX a H323. Je volně ke stažení se základními funkcemi. [17] Tento telefon se hodí jak pro koncové uživatele, tak pro poskytovatele služeb, call centra i malé firmy.[16] Tento softwarový VoIP telefon disponuje snadnou konfigurací a jednoduchou instalací. Všechny informace jsou k dispozici na oficiálních webových stránkách. Je využit především pro laboratorní účely.

### 5.3 MicroSIP

MicroSIP je softwarový SIP softphone primárně určený pro Windows. Je založen na PJSIP stacku díky kterému tento VoIP telefon dokáže realizovat kvalitní VoIP hovor. Je volně stažitelný na webových stránkách. Velice oblíben je zejména pro jeho bezplatnou možnost používání. Mezi jeho hlavní výhody patří menší využití paměti RAM, kompatibilita, kvalita hlasu, vícejazyčná podpora a také to, že tento VoIP telefon mohou používat lidé se zrakovým postižením. [28]

## 6 Program využívaný v rámci laboratorních úloh

### 6.1 Wireshark

Wireshark je volně šiřitelný software pro licenci GNU GPL. Řadí se k nejlepším analyzátorům sítě. Pro svou multiplatformost a výběr mnoha funkcí se stal nepostradatelný pro mnoho škol a průmyslových odvětví. Používá se pro analýzu odchycených dat, k analýze problémů v síti, k vývoji různých programů pro síťový provoz a pro různé protokoly. Slouží i jako pomůcka ve školství. Tento program se vyvíjí už od roku 1998 a to díky příspěvkům od různých dárců. Díky vývoji je program schopen využít nová rozhraní, nové protokoly a přesněji a podrobněji analyzovat zachytávaná data. [2]

## 7 Laboratorní úlohy

V části 7 je popsán návrh laboratorní úlohy včetně konfigurace jednotlivých zařízení VoIP telefonů použitých při měření, přínos měření pro studenty a závěr. V příloze je pak blíže popsán manuál pro vyučující/manuál pro studenty, vyhodnocení laboratorní úlohy, kterou studenti v programu Wireshark realizují. Výsledky měření vloží studenti do svého protokolu, který je taktéž součástí přílohy.

### 7.1 Vypracování první laboratorní úlohy

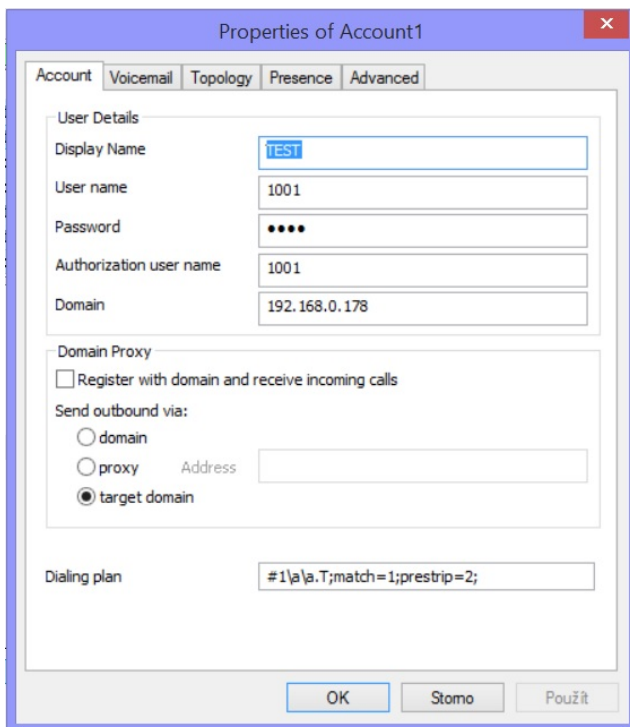
Pro laboratorní úlohu Analýza provozu VoIP X-Lite a Zoiper je důležité v první řadě zvolit vhodný program, který dokáže zobrazit data jednotlivých použitých protokolů. Nejvhodnější program, který dokáže analyzovat provoz a zároveň zachytávat jednotlivá data je Wireshark. Tento program je volně dostupný na několika webových stránkách a instalace trvá pouze několik minut. Je tedy vhodný nejen pro školní využití, ale i pro domácí využití. Program Wireshark umožňuje analýzu protokolů a paketů v síti. Každý student by si měl vyzkoušet konfiguraci jednotlivých VoIP telefonů a analýzu protokolů SIP, RTP, UDP a TCP využívaných v oblasti VoIP telefonie.

#### 1) **Konfigurace jednotlivých VoIP telefonů**

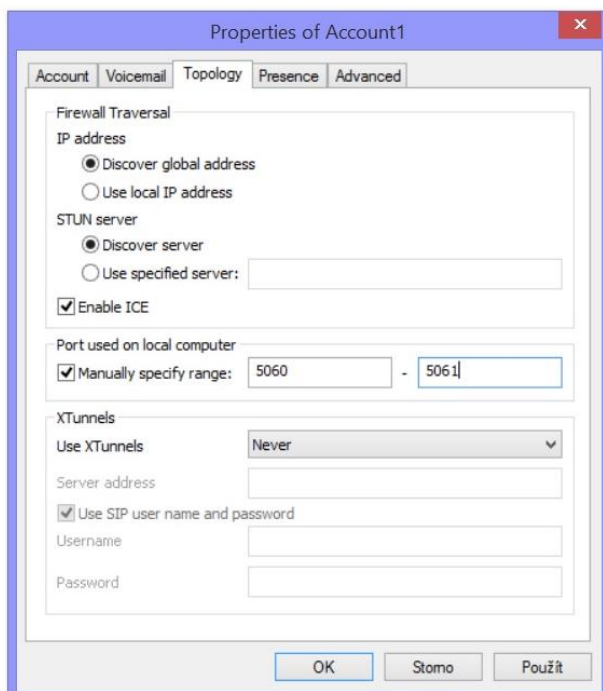
Pro nastavení nového účtu v Zoiper VoIP telefonu je nutné nejprve kliknout na options. Tuto ikonu lze najít napravo pod lištou phone to dial. Dále pak kliknout na Add New SIP account. Objeví se nové okno s nápisem Name. Pro přehlednost je vhodné zvolit jméno Zoiper a do této kolonky toto jméno vyplnit. Poté potvrdit výběr tlačítkem OK. Poté se objeví okno SIP account options, kde se do Domain zadá IP adresa počítače, na kterém se účet zakládá. Tato adresa je vygenerována v příkazovém řádku cmd příkazem ipconfig. Do položky Username je vhodné zvolit hodnotu 100 a do položky Password nastavit heslo test. Položku Caller ID Name nastavit na test. Po zadání všech těchto parametrů stisknout tlačítko Apply a OK. Obdobným způsobem se nastaví účet na druhém počítači. Jen bude uvedena adresa vygenerovaná v příkazovém řádku druhého počítače a tato adresa bude poté zapsána do položky Domain. Do položky Username je vhodné zvolit podobnou hodnotu jako při předchozí konfiguraci na zařízení 1. Proto je třeba zvolit hodnotu 101.

Po nastavení druhého účtu stačí z prvního zavolat na danou klapku a kliknout na zelené tlačítko volat.

Pro konfiguraci softwarového telefonu X-Lite je třeba kliknout v horní části na levé tlačítko Show Menu. V zobrazené liště dále zvolit výběr SIP account settings. Dále pak kliknout na Add. V záložce Account je nutné vytvořit SIP účet. Do položky Domain je třeba zadat IP adresu daného počítače, kterou lze zjistit pomocí příkazového řádku `cmd` a příkazu `ipconfig`. V sekci Authorization user name je vhodné přidělit číslo klapky 1001. V položce Display name zvolit název SIP a do položky Password zadat malými písmeny `test`. V sekci Domain Proxy je důležité nezatrhnout možnost Registr with domain and receive incoming calls. V sekci Send outbound via je třeba zvolit možnost target domain. Po zvolení těchto možností kliknout na záložku Topology, která je nahoře napravo od záložky Account. V záložce Port used on local computer zatrhnout Manually specify range a vyplnit číslo portu 5060 a do druhé 5061. Ve spodní části lišty kliknout na tlačítko Použít a poté vše potvrdit tlačítkem OK. Obdobně se postupuje při zakládání účtu na druhém počítači. Nejdříve v liště Menu zvolit SIP account settings →Add→Account→vytvořit SIP účet. Do položky Domain zadat IP adresu druhého počítače, kterou lze opět zjistit v příkazovém řádku `cmd` a příkazu `ipconfig`. V sekci Authorization user name přidělit číslo klapky, které bude v případě druhého počítače obsahovat čtyřmístné číslo 1002. V položce Display name zvolit název SIP1 a do položky Password napsat malými písmeny heslo `test`. V sekci Domain Proxy je důležité opět nezatrhnout možnost Registr with domain and receive incoming calls. V sekci Send outbound via zvolit možnost target domain. Po zvolení těchto možností kliknout na záložku Topology. V záložce Port used on local computer zatrhnout Manually specify range a do první kolonky vyplnit číslo portu 5060 a do druhé 5061. Ve spodní části opět kliknout na ikonu Použít a potvrdit OK. Pokud je vše vyplněno správně, tak by se mělo na obrazovce VoIP telefonu objevit potvrzení registrace. Poté už jen stačí zavolat z jednoho účtu na druhý. Stačí pouze vyplnit `sip: 1002@192.168.x.x:5060`. 1002 označuje zvolené číslo klapky. 192.168.x.x je vygenerovaná adresa z příkazového řádku `cmd` po zadání příkazu `ipconfig`. A 5060 je číslo portu, na kterém protokol SIP vysílá. Jednotlivá nastavení při vytvoření účtu X-Lite je vidět na obrázcích níže.



Obr. 1: Vytvoření SIP účtu



Obr. 2: Nastavení portů

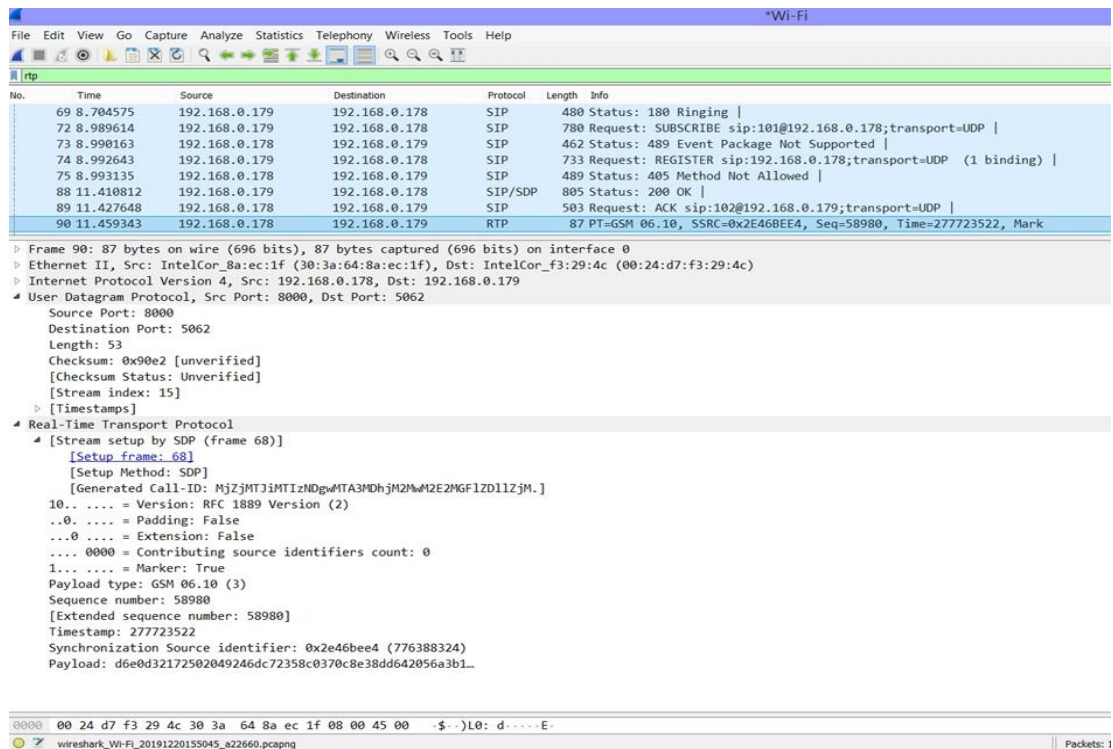


Obr. 3: Zahájení hovoru

## 2) Nastavení zachytávání SIP, RTP, UDP a TCP v programu Wireshark

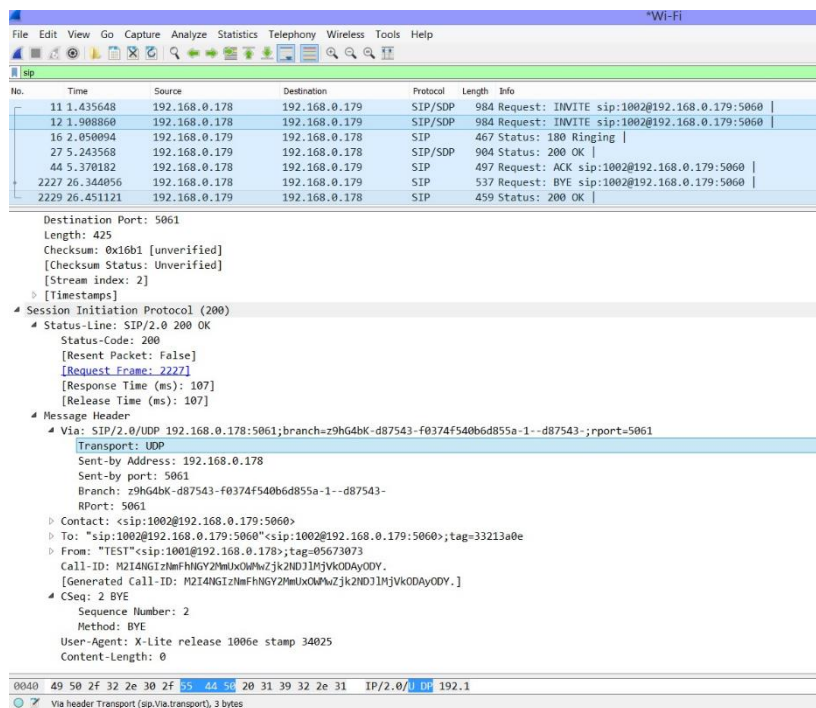
Program Wireshark je nutné spustit jako správce. Pravým tlačítkem myši kliknout na ikonu Wiresharku a v zobrazené liště zvolit možnost spustit jako správce. Dále se objeví okno, kde se vše potvrdí tlačítkem Ano. Po spuštění programu Wireshark se zobrazí lišta, ve které je nutné zvolit aktivní síťové připojení. Po nastavení aktivního síťového připojení v horní liště programu zadat SIP, RTP, ip.addr == 192.168. x. x. SIP a RTP přenos je patrný pouze u VoIP telefonů Zoiper a X-Lite, kde je možné nalézt navázání, průběh a ukončení hovoru. VoIP telefon Whatsapp je šifrovaný, avšak pokus o sestavení telefonního hovoru je patrný ze zachytávání SSDP. Pro VoIP telefony Zoiper a X-lite je třeba nastavit zachytávání SIP v horní liště programu a odchytil sestavení hovoru za použití příznaků zpráv INVITE, 200 OK, ACK, BYE, 200 OK. Pro RTP přenos je postup stejný, stačí však pouze zachytit RTP přenos a ten poté popsát. Pro VoIP telefon Zoiper je třeba nastavit vyhledávání SIP a zachytit sestavení hovoru pomocí příznaků zpráv INVITE, REGISTER, SUBSCRIBE, ACK a BYE. Poté nastavit možnost vyhledávání na RTP a zachytit první zprávu označovanou jako RTP.



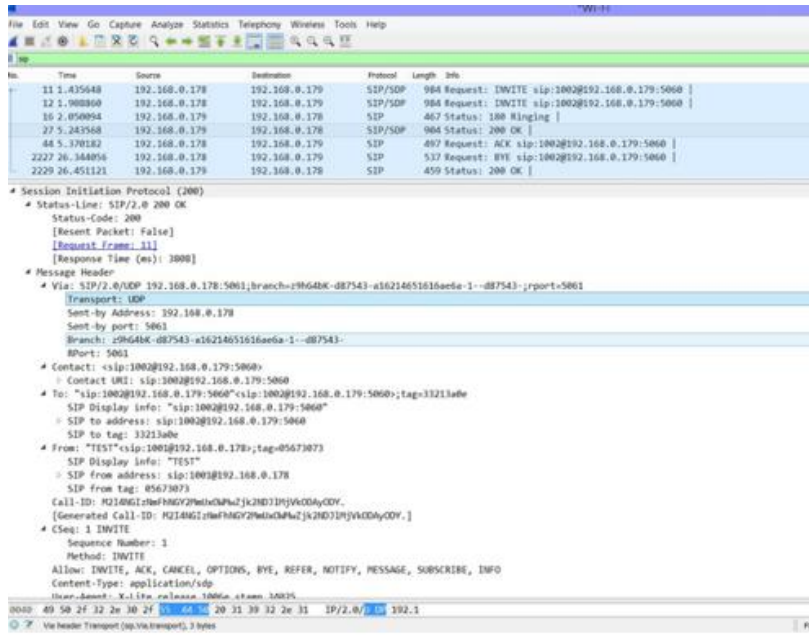


Obř. 4: Zachytávání RTP

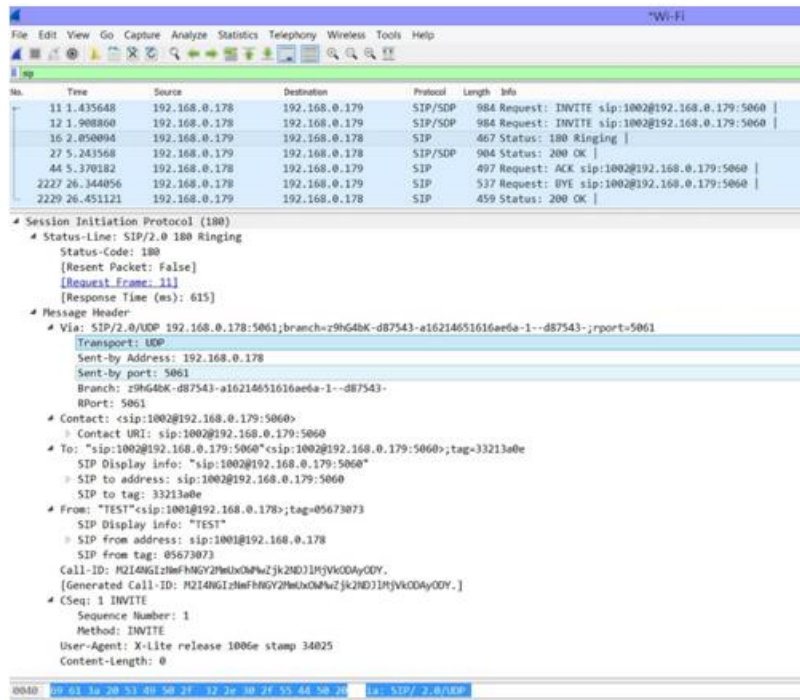
### 3) Zobrazení získaných dat analýzou v programu Wireshark



Obř. 5: X-Lite metoda INVITE



Обр. 6: X-Lite metoda 200 OK



Обр. 7: X-Lite metoda 180 Ringing

The image shows a Wireshark capture of a SIP BYE message. The packet list pane shows a SIP/SDP packet (No. 2227) with a length of 537 bytes. The packet details pane is expanded to show the Session Initiation Protocol (SIP) section. The SIP message is a BYE request from sip:1002@192.168.0.179 to sip:1002@192.168.0.179:5060. The message header includes a Via header, Contact header, and a body containing a 2 BYE message. The packet bytes pane shows the raw data of the packet.

Obrazek 8: X-Lite metoda BYE

The image shows a Wireshark capture of an RTP stream setup. The packet list pane shows a UDP packet (No. 96) with a length of 134 bytes. The packet details pane is expanded to show the Real-Time Transport Protocol (RTP) section. The RTP message is a stream setup by SDP (frame 24). The details include the SDP setup method, generated Call-ID, version (RFC 1889), padding, extension, and payload type (BV32). The packet bytes pane shows the raw data of the packet.

Obrazek 9: X-Lite RTP protokol

**Session Initiation Protocol (INVITE)**

- Request-Line: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0
- Method: INVITE
- Request-URI: sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
  - Request-URI User Part: 101
  - Request-URI Host Part: 192.168.0.179
- [Resent Packet: False]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-d23d7f8321c890a-1---d8754z-
    - Transport: UDP
    - Sent-by Address: 94.113.77.60
    - Sent-by port: 5060
    - Branch: z9hG4bK-d8754z-d23d7f8321c890a-1---d8754z-
  - Max-Forwards: 70
  - Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>
  - To: <sip:101@192.168.0.179;transport=UDP>
  - From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=d2165157
  - Call-ID: vjE5ZwY2YTI00DYxOTY3NmVhNm90h1MwFINTQwOwQ.
  - [Generated Call-ID: vjE5ZwY2YTI00DYxOTY3NmVhNm90h1MwFINTQwOwQ.]
  - CSeq: 1 INVITE
    - Sequence Number: 1
    - Method: INVITE
  - Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
  - Content-Type: application/sdp
  - Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, X-cisco-serviceuri
  - User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984
  - Allow-Events: presence, kpml
  - Content-Length: 327
- Message Body
  - Session Description Protocol
    - Session-Description-Protocol-Version: 0

Obr. 10: Zoiper metoda INVITE

**Session Initiation Protocol (REGISTER)**

- Request-Line: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP SIP/2.0
- Method: REGISTER
- Request-URI: sip:192.168.0.178;transport=UDP
  - Request-URI Host Part: 192.168.0.178
- [Resent Packet: False]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5061;branch=z9hG4bK-d8754z-d650d7e250a50f55-1---d8754z-
    - Transport: UDP
    - Sent-by Address: 94.113.77.60
    - Sent-by port: 5061
    - Branch: z9hG4bK-d8754z-d650d7e250a50f55-1---d8754z-
  - Max-Forwards: 70
  - Contact: <sip:101@94.113.77.60:5061;rinstance=254db1e8b8ff31a9;transport=UDP>
  - To: "test1"<sip:101@192.168.0.178;transport=UDP>
  - From: "test1"<sip:101@192.168.0.178;transport=UDP>;tag=df30de07
  - Call-ID: 00310GVhYmE0NmJkMGNhYjJkY2Q5OTQwOHI0ZmhwYzY.
  - [Generated Call-ID: 00310GVhYmE0NmJkMGNhYjJkY2Q5OTQwOHI0ZmhwYzY.]
  - CSeq: 1 REGISTER
    - Expires: 3600
  - Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
  - Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, X-cisco-serviceuri
  - User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984
  - Allow-Events: presence, kpml
  - Content-Length: 0

Obr. 11: Zoiper metoda REGISTER



Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Apply a display filter ... <Ctrl-F>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3183	381.123776	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
3341	411.154748	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
3454	441.143273	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
223	21.105399	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
805	51.182636	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
1460	81.154794	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
1685	111.151024	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP

[Stream index: 12]  
 [Timestamps]

Session Initiation Protocol (SUBSCRIBE)

- Request-Line: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0
- Method: SUBSCRIBE
- Request-URI: sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
  - Request-URI User Part: 1000
  - Request-URI Host Part: 192.168.0.179
- [Resent Packet: False]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-054b4b11741cc9cb-1---d8754z-
    - Transport: UDP
    - Sent-by Address: 94.113.77.60
    - Sent-by port: 5060
    - Branch: z9hG4bK-d8754z-054b4b11741cc9cb-1---d8754z-
  - Max-Forwards: 70
  - Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>
  - To: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>
  - From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=134d2c1e
  - Call-ID: Yzk4NDU0YWRhbnRjdnRNTyNlMwE2NDg0ZDZlZGQ3OGUzYTM.
  - [Generated Call-ID: Yzk4NDU0YWRhbnRjdnRNTyNlMwE2NDg0ZDZlZGQ3OGUzYTM.]
  - CSeq: 1 SUBSCRIBE
  - Expires: 3600
  - Accept: application/simple-message-summary
  - Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
  - Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, X-cisco-serviceuri
  - User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984
  - Event: message-summary
  - Allow-Events: presence, kpml
  - Content-Length: 0

0000 35 30 36 30 3b 62 72 61 6e 63 68 3d 7a 39 c8 4f 5060;bra nch-cshc

SIP Via Branch (sip.Via.branch), 43 bytes

## Obr. 12: Zoiper metoda SUBSCRIBE

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

(ip.addr eq 192.168.0.178 and ip.addr eq 192.168.0.179) and (udp.port eq 5061 and udp.port eq 5060)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
67	18.069575	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
757	30.271600	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
39	14.020755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
522	26.070473	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
832	56.112792	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1558	86.142752	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1704	116.106199	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)

Destination Port: 5060  
 Length: 469  
 Checksum: 0x93d0 [unverified]  
 [Checksum Status: Unverified]  
 [Stream index: 12]  
 [Timestamps]

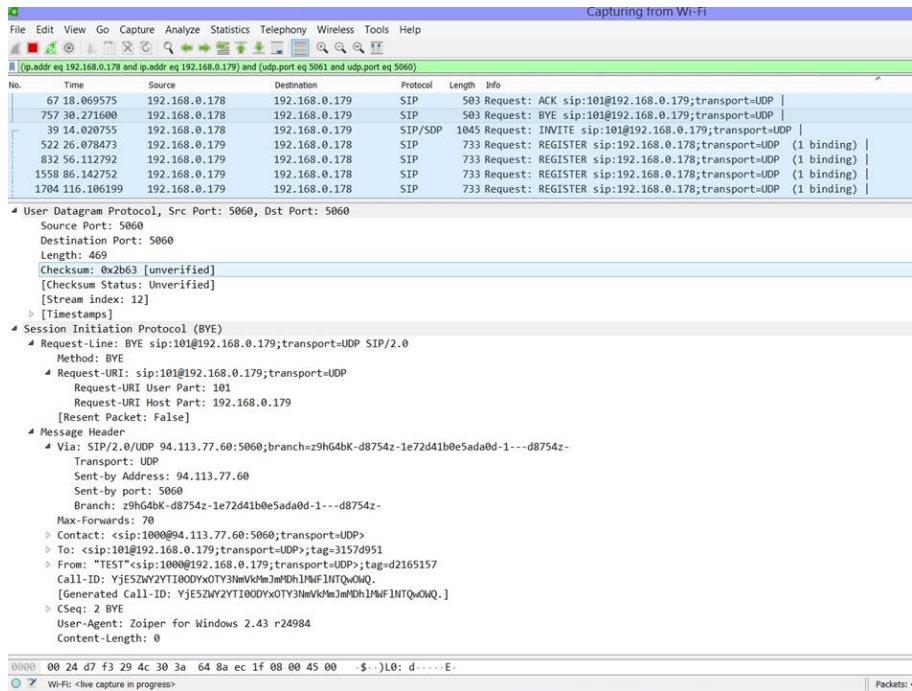
Session Initiation Protocol (ACK)

- Request-Line: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0
- Method: ACK
- Request-URI: sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
  - Request-URI User Part: 101
  - Request-URI Host Part: 192.168.0.179
- [Resent Packet: False]
- [Request Frame: 39]
- [Response Time (ms): 4048]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-28833e5c604f2b12-1---d8754z-
    - Transport: UDP
    - Sent-by Address: 94.113.77.60
    - Sent-by port: 5060
    - Branch: z9hG4bK-d8754z-28833e5c604f2b12-1---d8754z-
  - Max-Forwards: 70
  - Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>
  - To: <sip:101@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=3157d951
  - From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=d2165157
  - Call-ID: YjE5ZmYzYTl0ODYxOTY3NmVhMmMhMjMwE2NDg0ZDZlZGQ3OGUzYTM.
  - [Generated Call-ID: YjE5ZmYzYTl0ODYxOTY3NmVhMmMhMjMwE2NDg0ZDZlZGQ3OGUzYTM.]
  - CSeq: 1 ACK
  - User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984
  - Content-Length: 0

0000 00 24 d7 f3 29 4c 30 3a 64 8a ec 1f 08 00 45 00 \$-):L0: d....E.

Wi-Fi: <live capture in progress>

## Obr. 13: Zoiper metoda ACK



Obr. 14: Zoiper metoda BYE

## **Cíl první laboratorní úlohy**

Cílem první laboratorní úlohy je seznámit studenty s důležitostí jednotlivých protokolů používaných v oblasti telefonie a také s výhodami VoIP telefonů oproti mobilním telefonům. Jednou z největších výhod VoIP telefonie je její možnost bezplatného volání pro celý svět. Na využití VoIP telefonie stačí připojení k internetu. Není požadováno placení kreditu, tarifu atp. V této laboratorní úloze byly použity softwarové telefony X-lite a Zoiper. Tyto telefony byly vybrány záměrně z toho důvodu, že se používají, jak na naší fakultě v různých laboratořích, tak i v malých a středních firmách. V laboratorní úloze je však důležité poukázat na to, že každý z těchto VoIP telefonů má svá pro a proti. Na těchto VoIP telefonech si studenti vyzkouší nejen konfiguraci, ale i různé nastavování provozu. Cílem laboratorní úlohy je proto ukázat jednotlivou konfiguraci těchto VoIP telefonů a význam jednotlivých protokolů používaných při volání. Studenti by měli být schopni vysvětlit rozdíly v použití protokolů SIP, RTP, UDP a TCP. Pro tuto síťovou analýzu je nejvhodnější program Wireshark, kde si studenti mohou ověřit, jak přesně funguje komunikace při využití jednotlivých protokolů, ale také si mohou přímo v programu Wireshark ověřit, jak tato komunikace probíhá. Program Wireshark umožňuje také zobrazení statistik, grafů, sledování zahájení a ukončení hovoru, ale i přehrávání hovoru. Studenti si tak mohou vyzkoušet různé scénáře pro analýzu hlasových hovorů a videohovorů. Pochopení významu VoIP telefonie je přínosem pro tuto problematiku a připraví je i pro náročnější nastavování druhé laboratorní úlohy, kde se k těmto SW telefonům přidají dvě softwarové ústředny. Zároveň tato úloha není nijak finančně náročná na její sestavení a studenti si ji mohou sestavit i doma. Všechny tyto softwarové telefony jsou bezplatně ke stažení na internetu.

## 7.2 Vypracování druhé laboratorní úlohy

Pro laboratorní úlohu Testování komunikace v privátní síti se zátěží a bez zátěže je zvolen program Wireshark, který umožňuje analýzu protokolů a paketů v síti. Dokáže také vyfiltrovat jednotlivé protokoly a zobrazit grafy. Tato laboratorní úloha je realizována v SW prostředí s využitím virtual boxu, kde jsou nainstalovány a nakonfigurovány dvě SW ústředny FreePBX. Studenti si tak vyzkouší nastavení obou ústředen a konfigurace použitých VoIP telefonů. Zoiper, X-Lite a MicroSIP jsou jednoduché na konfiguraci a studenti si pomocí nich budou testovat hovory při zátěži a bez zátěže. Uskuteční také videohovor a všechny uskutečněné hovory ohodnotí stupnicí MOS.

### 1) Konfigurace ústředen a laboratorní úlohy

V prvním kroku je nutné zapnout oba počítače. Na PC 1 a PC 2 spustit program VirtualBox, ve kterém je nahrána virtuální ústředna FreePBX.

Ve druhém kroku bylo nutné spustit tyto virtuální ústředny. Po naběhnutí systému virtuálních ústředen bylo zadáno uživatelské jméno „root“ a heslo „Studentvut123456“. Tyto přihlašovací údaje jsou totožné pro obě virtuální ústředny. Ve třetím kroku, po přihlášení, se zobrazily informace o systému a IP adresa ústředny. Zadaná IP adresa je zobrazena ve formátu: http://X.X.X.X. Po zadání této adresy se zobrazilo menu se čtyřmi ikonami přihlášení FreePBX Administration, User Control Panel, Operator Panel a Get Support. Kliknutím na ikonu FreePBX Administration se zobrazila tabulka s přihlašujícími údaji username a password.

Přihlašovací údaje:

username: student1234

password: student1234

V horní liště záložek se kliknulo na Applications, ze které se vybrala položka Extensions. Po zobrazení menu stačilo kliknout na položku SIP [chan\_pjsip] Extensions. Po zobrazení nabídky bylo nutné vybrat položku +Add New SIP [chan\_pjsip] Extension. Dále vyplnit položku User Extension, do které bylo vloženo pro první ústřednu číslo 100 a pro druhou ústřednu číslo 200.

Do položky Display Name byla tato dvě čísla vložena a do položky Secret a Password For New User zadat heslo student1234. V položce Language Code vybrat možnost Czech.



Po tomto nastavení se kliknulo na ikonu Submit vpravo dole, která je hned vedle ikony Reset. Pro uložení celkového nastavení bylo však nutné kliknout na ikonu Apply Config. Tím bylo veškeré nastavení uloženo. Tento postup registrace uživatele se opakoval pro druhou ústřednu, jen s tím rozdílem, že bylo zadáno jiné číslo pro telefonní klapku. Hesla a jazyk zůstala nastavena stejně jako v předchozím případě.

Po nastavení čísel na ústřednách byl spuštěn program Wireshark. Po spuštění programu Wireshark se kliknulo na aktivní síťovou kartu, aby byla zachycena komunikace mezi dvěma ústřednami, která se v následujícím kroku nastavovala. Mezi dvěma ústřednami bylo možné nastavit komunikaci kliknutím na záložku Connectivity a vybrat položku Trunks. Dále kliknout na ikonu +AddTrunk a z ní vybrat možnost +Add IAX2 Trunk. Nastavení pro IAX trunk se zobrazilo po vybrání této možnosti. V záložce General byla vyplněna položka Trunk Name. Tato položka je pojmenována jako AsteriskTrunk. V sekci iax2 Settings se rozkliknula záložka Outgoing a do položky Trunk Name bylo napsáno pbx1 a pro ústřednu 2 bylo napsáno pbx2.

Položka PEER Details je vyplněna pro první ústřednu pbx 1 následujícím způsobem:

```
username=pbx1
fromuser=pbx1
type=peer
secret=student1234
qualify=yes
host=x.x.x.x – zde záleží jaká byla IP adresa druhé ústředny pbx2
context=from-trunk
```

Vyplnění položky Incoming pro první ústřednu pbx1:

Do položky USER Context bylo zapsáno pbx2 a do sekce USER Details bylo vloženo následující:

```
type=user
secret=student1234
host=x.x.x.x – IP adresa druhé ústředny pbx2
context=from-trunk
qualify=yes
```

Nastavení druhé ústředny bylo obdobné. V sekci iax2 Settings v položce Outgoing bylo napsáno do Trunk Name pbx2 a sekce PEER Details byla vyplněna následujícím způsobem:

```
username=pbx2
fromuser=pbx2
type=peer
secret=student1234
qualify=yes
host=x.x.x.x – IP adresa první ústředny pbx 1
context=from-trunk
```

Po nastavení sekce Outgoing se překlíknulo dále do sekce Incoming, kde se do položky USER Context napsalo pbx1 a položka USER Details byla vyplněna následujícím způsobem:

```
type=user
secret=student1234
host=x.x.x.x – IP adresa první ústředny pbx1
context=from-trunk
qualify=yes
```

Po tomto nastavení se opět vše potvrdilo kliknutím na ikonu Submit a po zpracování nastavení se vše potvrdilo pomocí červené ikony Apply Config vpravo nahoře. V posledním kroku se nastavila komunikace mezi ústřednami, kde se nadefinovaly odchozí cesty kliknutím na ikonu Connectivity. Zde se vybrala položka Outbound Routes. Po načtení ikony se objevila ikonka +Add Outbound Route. Do sekce Route Name bylo vypsáno path\_to\_pbx2. Potom bylo u ikony Trunk Sequence for Matched Routes rozkliknuta nabídka, kde se vybral nadefinovaný IAX trunk AsteriskTrunk. Druhá ústředna byla nastavena stejně. Po tomto nastavení se kliknulo na ikonu Dial Patterns, která je hned vedle ikonky Route Settings a do sekce match pattern bylo vypsáno pro obě ústředny „X.“ Tím bylo zajištěno předávání klapky mezi ústřednami. Poté se kliknulo na ikonu Submit a nastavení se uložilo kliknutím na červenou ikonu Apply Config. Tím se veškeré nastavení a konfigurace ústřednen uložila.

#### **Volitelný krok pro povolení video hovoru:**

V záložce Settings byla zakliknuta možnost Asterisk IAX Settings. Po načtení se přepnulo do záložky Codec Settings a dole v sekci Enable Video Support bylo kliknuto na možnost Yes. Po nastavení bylo kliknuto na ikonu Submit a poté na červenou ikonku Apply Config. Tím byl povolen video hovor na IAX. V zobrazené nabídce byly zobrazené kodeky, které Asterisk povoluje. Ty byly ponechány beze změn.

Poté se opět kliknulo na ikonu Settings a v zobrazené nabídce se vybrala možnost Asterisk SIP Settings. V sekci General SIP Settings, která byla spuštěna hned po rozkliknutí Asterisk SIP Settings, se srolovalo na konec stránky a v sekci Video Support se vybrala ikonka Enabled. Dále se kliknulo na ikonu Submit a poté se kliknulo na červenou ikonku Apply Config. V zobrazené ikoně se objevily podporované video kodeky, které byly ponechány beze změn. Tímto byl povolen video hovor.

## 2) Konfigurace VoIP telefonů

### Nastavení telefonu X-lite

Softwarový telefon X-lite se spustil na ploše počítače. V horní liště telefonu byla rozkliknuta ikonka vlevo nahoře a vybrána možnost SIP Account Settings. Zobrazila se tabulka, kde byla vybrána na pravé straně možnost Add. Poté se zobrazilo nové okno Properties of Account1, kde se vyplnily položky Display Name 200, User Name 200, Password student1234 a do sekce Domain se vyplnilo IP ústředny, na které bylo číslo zaregistrované. V sekci Authorization user name se vypsalo číslo 200 a v sekci Domain Proxy se zakliknulo políčko Domain. Po tomto nastavení bylo kliknuto na tlačítko použít a po načtení se zakliknulo tlačítko OK. Stejným způsobem byly doplněny údaje i na druhém počítači. Tím byla nastavena telefonní klapka na telefonu X-lite.

### Nastavení telefonu Zoiper

Softwarový telefon Zoiper se spustil na ploše počítače. Rozkliknula se ikonka options. Zobrazila se karta s nastavením. Nabídku s možností Add new SIP account je možné najít na levé straně. Po kliknutí se zobrazila ikona Add new SIP account s položkou Name, do které bylo vepsáno číslo klapky například 100.

Pozn.: Číslo klapky musí být zaregistrované na dané ústředně.

Po kliknutí na ikonku OK se zobrazila nová stránka s nastavením Domain, Username, Password, Caller ID Name. V sekci Domain se napsala IP adresa dané ústředny, kde byla klapka zaregistrována. V sekci Username se napsalo opět číslo klapky a do sekce Password student1234, v sekci Caller ID Name se nastavilo číslo klapky. Po sepsání nastavení se kliknulo na ikonu Apply a poté na ikonu OK. Po potvrzení ikonky OK byl telefon Zoiper nastaven.

### Nastavení telefonu MicroSIP

Softwarový telefon MicroSIP se otevřel na ploše počítače. Po spuštění MicroSIP se kliknulo na ikonku šipky, kterou bylo možné zvolit možnost Přidat účet.

Po přidání účtu se zobrazilo okno, do kterého byly zadány položky:

název účtu, kde se napsalo číslo klapky například 101 v sekci SIP server se napsala IP adresa zvolené ústředny SIP proxy se nevyplnilo
--

Do políčka Uživatel\* bylo zadáno číslo klapky a do pole Doména\* byla zadána IP adresa zvolené ústředny. Jako přihlašovací jméno bylo zvoleno opět číslo klapky a jako heslo bylo zvoleno heslo student1234. Do sekce Zobrazované jméno se zadalo číslo klapky. Po tomto nastavení se vybrané možnosti uložily. Telefon MicroSIP byl tímto nastaven. Po nastavení všech telefonů je program Wireshark zastaven a vyhledal se v něm moment, kdy byly ústředny zaregistrovány. Tento výsledek se uložil pro pozdější zpracování. Výsledky z měření jsou ukládány do přehledných složek pro zpracování do vzorového protokolu.

### **3) Sestavení audio hovoru a videohovoru**

Měření bylo rozděleno do několika částí. V první části se realizovalo měření v rámci jedné ústředny. V druhé části bylo realizováno měření v rámci dvou ústředen a ve třetí části bylo realizováno měření bez zatížení a měření se zatížením. Délka hovoru byla nastavena na tři minuty nebo třicet sekund.

První část probíhala v rámci jedné ústředny bez zatížení.

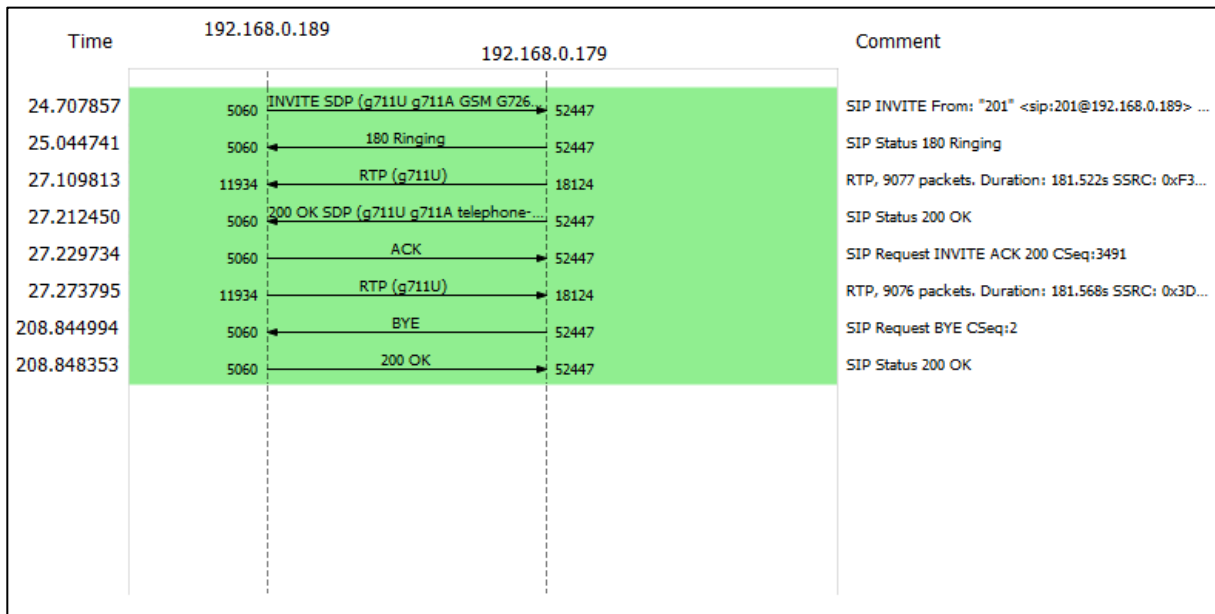
Nejprve byl spuštěn program Wireshark, kde se nechal analyzovat síťový provoz. Na softwarový telefon X-lite zavolal druhý telefon X-lite, který byl naistalován na druhém počítači. Hovor probíhal po dobu třiceti sekund. Po třiceti sekundách byl hovor ukončen a zastavil se i program Wireshark, ve kterém se uložily zobrazené výsledky. Pokud byl na ústřednách povolený video hovor viz. volitelný krok, mohl být proveden i video hovor. Tento krok se opakoval jen s tím rozdílem, že na obou počítačích byly stahovány torrentové soubory uložené na PC1. Také bylo spuštěno videoz internetu. Vše bylo zaznamenáno v programu Wireshark a výsledky byly uloženy do předem připravených souborů. Stejným způsobem se proměřil i hovor mezi různými softwarovými telefony jako například X-lite a Zoiper, Zoiper a MicroSIP, MicroSIP a X-lite atd. Kvalita zvuku a případně i kvalita videa byla zaznamenána do poznámek při měření. Toto vyhodnocení kvality je individuální, proto se mohou výsledky lišit. Na konci měření se vyhodnotilo, který z telefonů měl nejlepší přenos.

Ve druhé části komunikace probíhala v rámci dvou ústředen. Princip byl stejný, měřilo se bez zatížení a se zatížením po dobu třiceti sekund a tří minut. V rámci volání mezi ústřednami byl využit pouze hovor nikoliv video hovor. Volání bylo v rámci dvou stejných i rozdílných telefonů a to pokaždé, jak se zatížením, tak bez zatížení a všechny hovory byly analyzovány v programu Wireshark. Opět se hodnotila kvalita hovoru. Poté byly porovnány výsledky z obou měření. Všechny důležité informace byly zaznamenány ve Wiresharku v ikoně Telephony. V této ikoně byly zobrazeny jako VoIP calls a RTP. Zde byly také uvedeny důležité informace, které se použily při zpracování závěru.

#### 4) Vyhodnocení výsledků z programu Wireshark

##### Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení:

Telefony X-lite X-lite

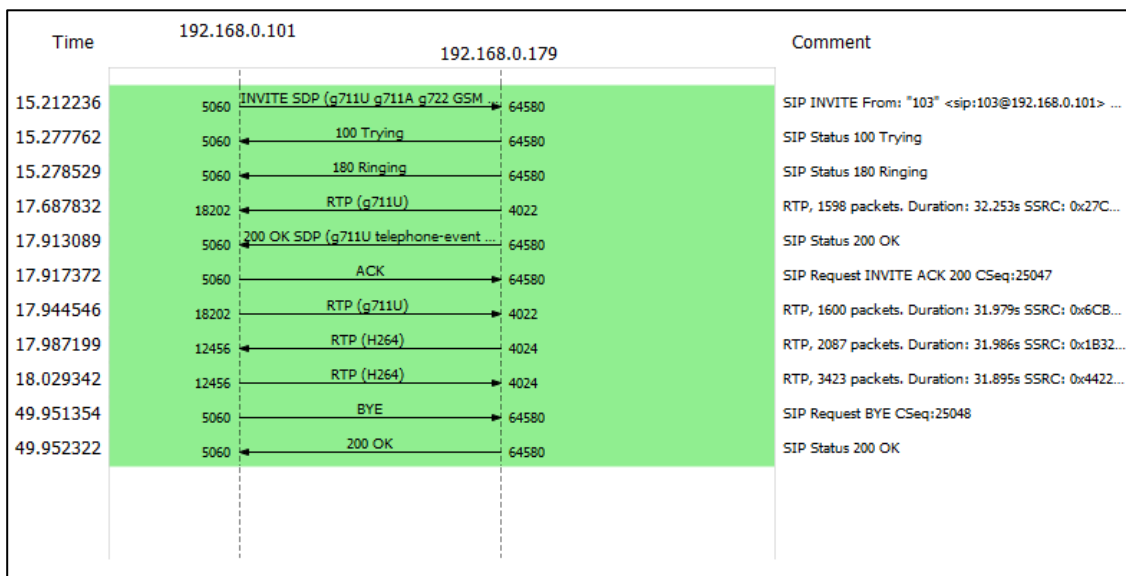


Obr. 15: Zobrazení zahájení a ukončení komunikace softwarových telefonů X-lite a X-lite v rámci jedné ústředny bez zatížení

Tab. 1: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefonů X-lite a X-lite, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. X-lite účastník	G.711U	9077	0	31,222	3,332
2. X-lite účastník	G.711U	9076	4	750,275	67,030

## Telefony MicroSIP a MicroSIP

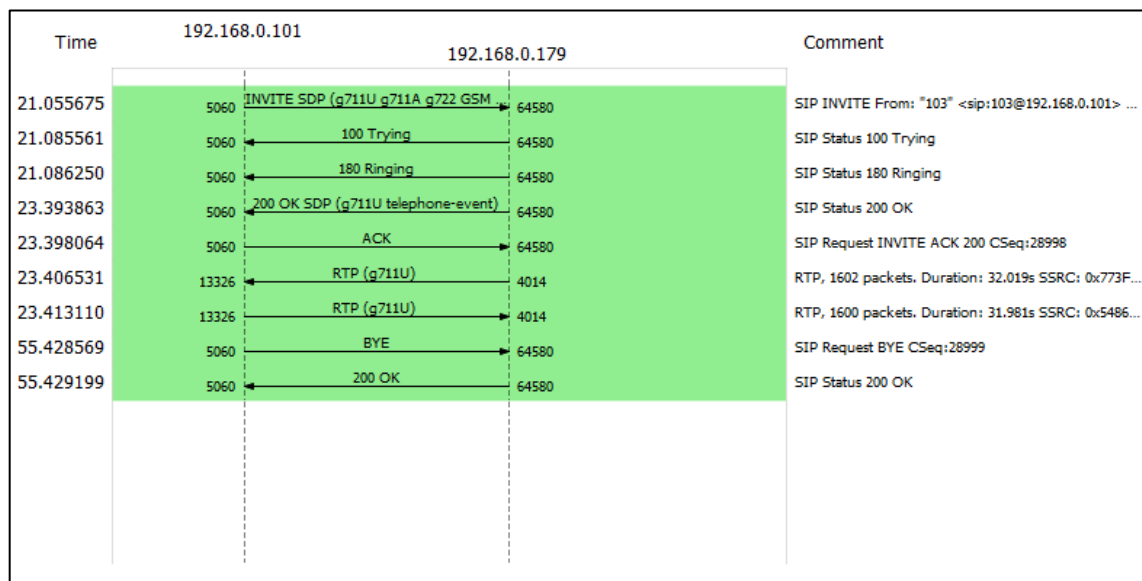


Obr. 16: Zobrazení zahájení a ukončení hovoru v rámci jedné ústředny bez zatížení s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP, s video hovorem

Tab. 2: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefony MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	H.264	3423	0	110,42	11,361
1. MicroSIP účastník	G.711U	1600	0	68,616	6,082
2. MicroSIP účastník	H.264	2087	0	134,807	12,122
2. MicroSIP účastník	G.711U	1598	0	325,464	19,896





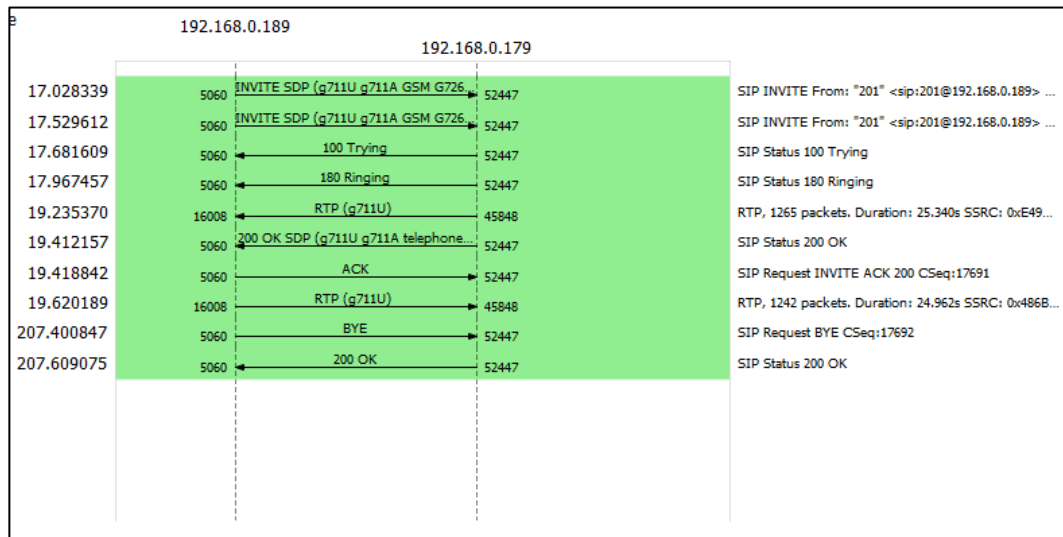
Obr. 17: Komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP bez video hovoru

Tab. 3: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefony MicroSIP a MicroSIP, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	G.711U	1600	0	270,206	18,549
2. MicroSIP účastník	G.711U	1602	0	30,935	2,331

## Volání v rámci jedné ústředny se zatížením:

Telefony X-lite a X-lite

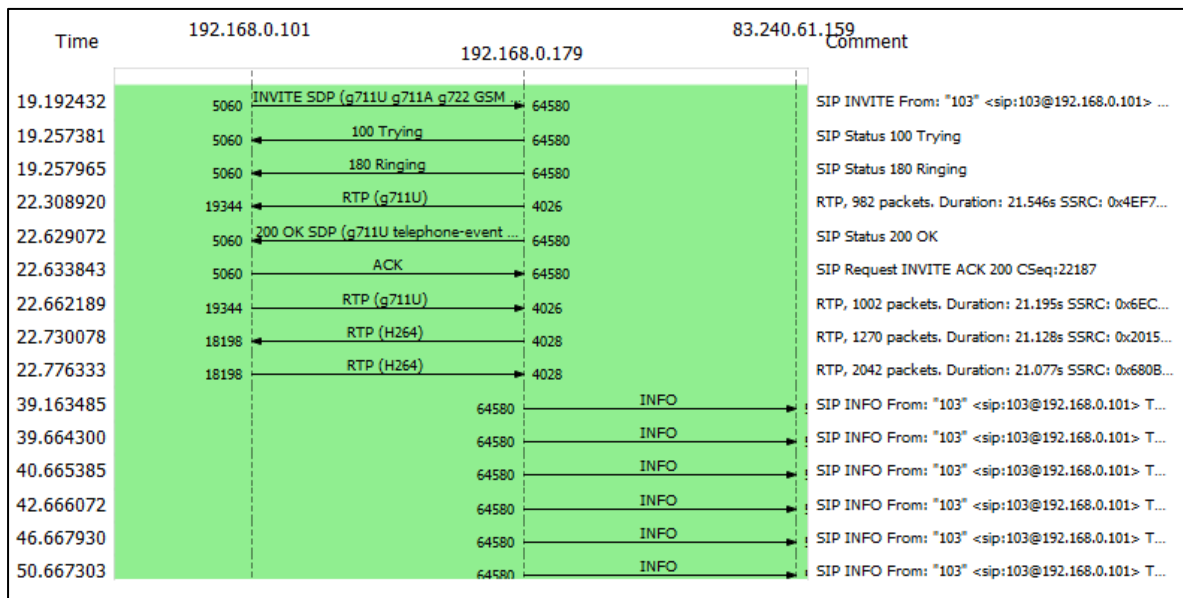


Obr. 18: Komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonů X-lite a X-lite bez video hovoru

Tab. 4: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefony X-lite a X-lite, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. X-lite účastník	G.711U	9371	17	538,336	32,892
2. X-lite účastník	G.711U	9338	44	538,632	51,449

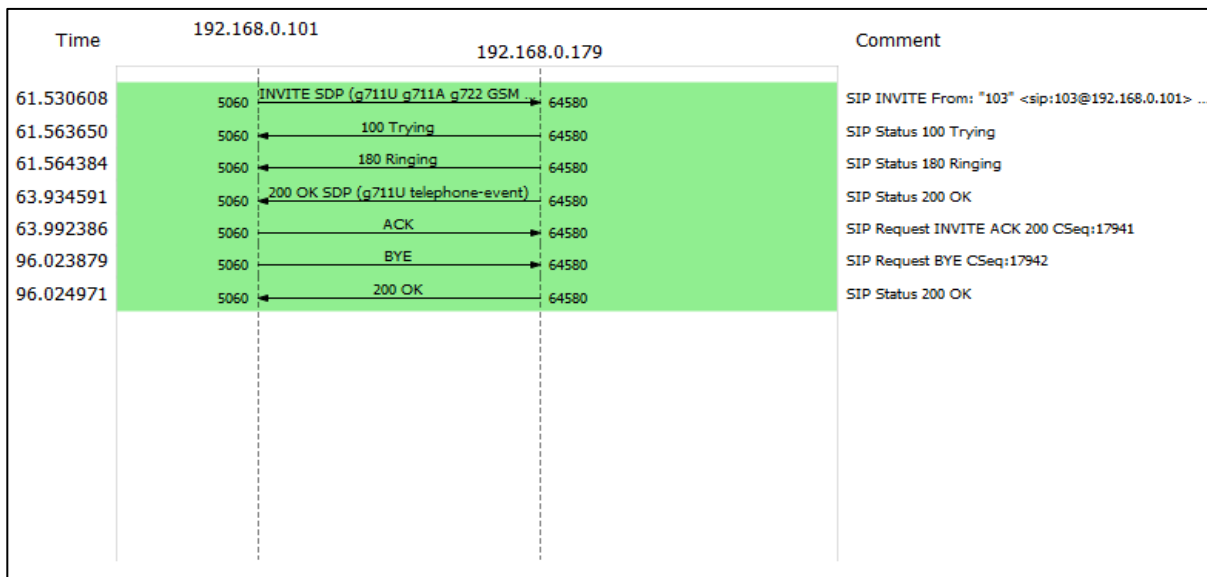
## Telefony MicroSIP a MicroSIP



Obr. 19: Komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem

Tab. 5: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefonů MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	H.264	3172	128	1567,057	598,264
2. MicroSIP účastník	G.711U	1541	59	9974,46	670,560
1. MicroSIP účastník	H.264	1969	0	1673,027	106,967
2. MicroSIP účastník	G.711U	1522	0	613,775	62,923

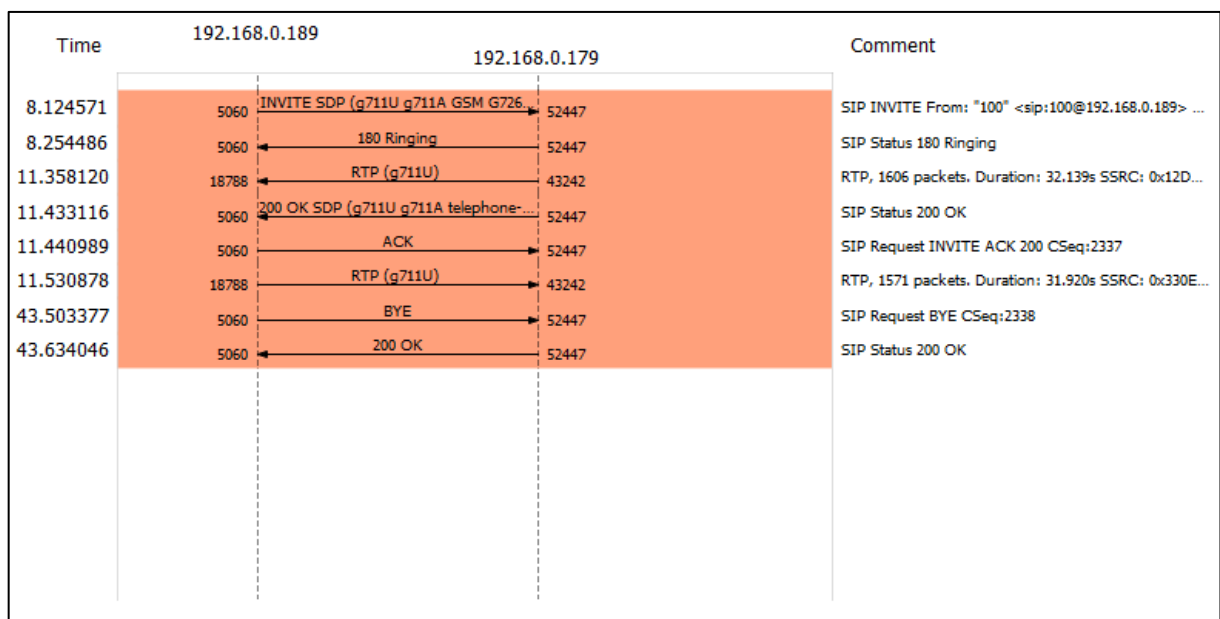


Obr. 20: Komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP bez videohovoru

Tab. 6: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefony MicroSIP a MicroSIP, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	G.711U	1600	0	81,499	12,206
2. MicroSIP účastník	G.711U	1604	0	30,975	3,117

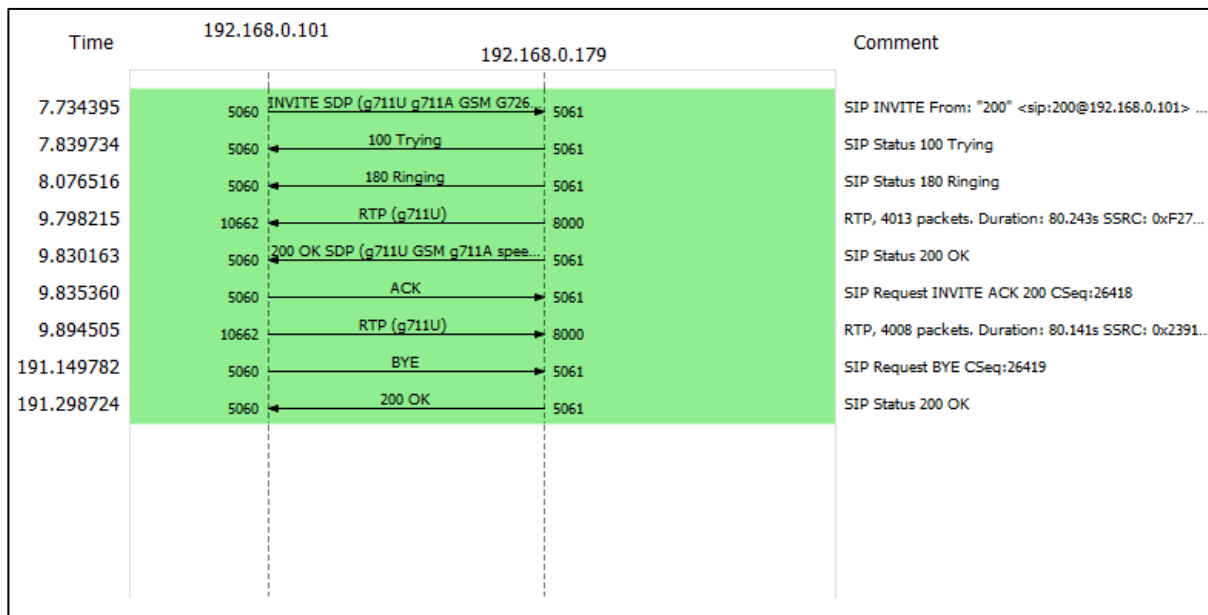
## Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení:



Obr. 21: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonů X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s

Tab. 7: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefony X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s

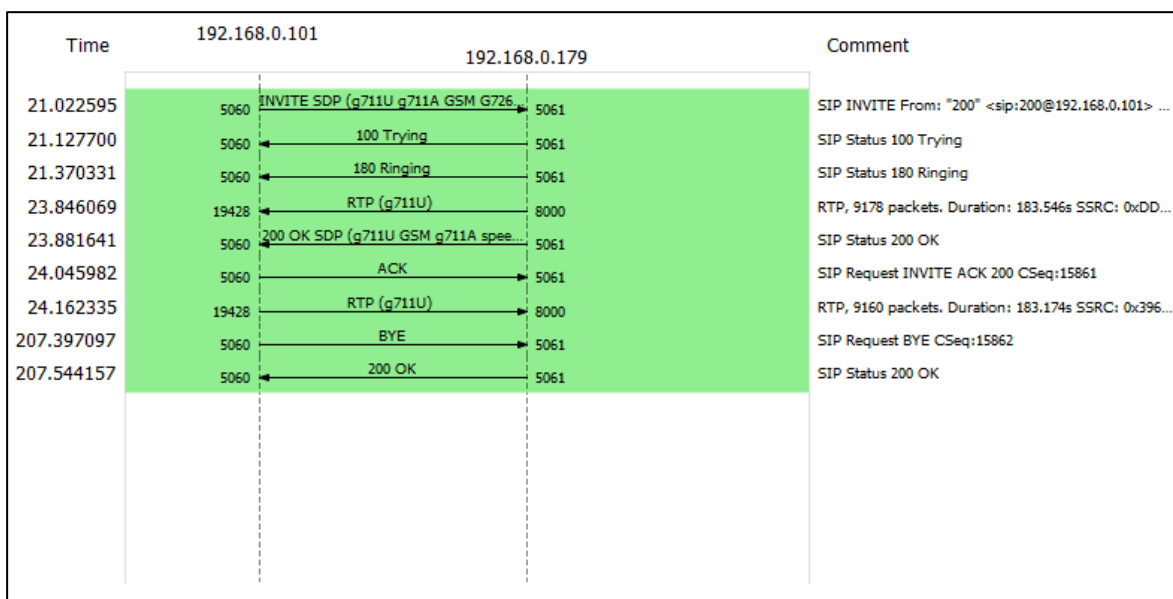
Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1606	0	299,275	24,816
2. účastník	G.711U	1571	0	74,891	6,927



Obr. 22: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonu X-lite a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty

Tab. 8: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefony X-lite a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

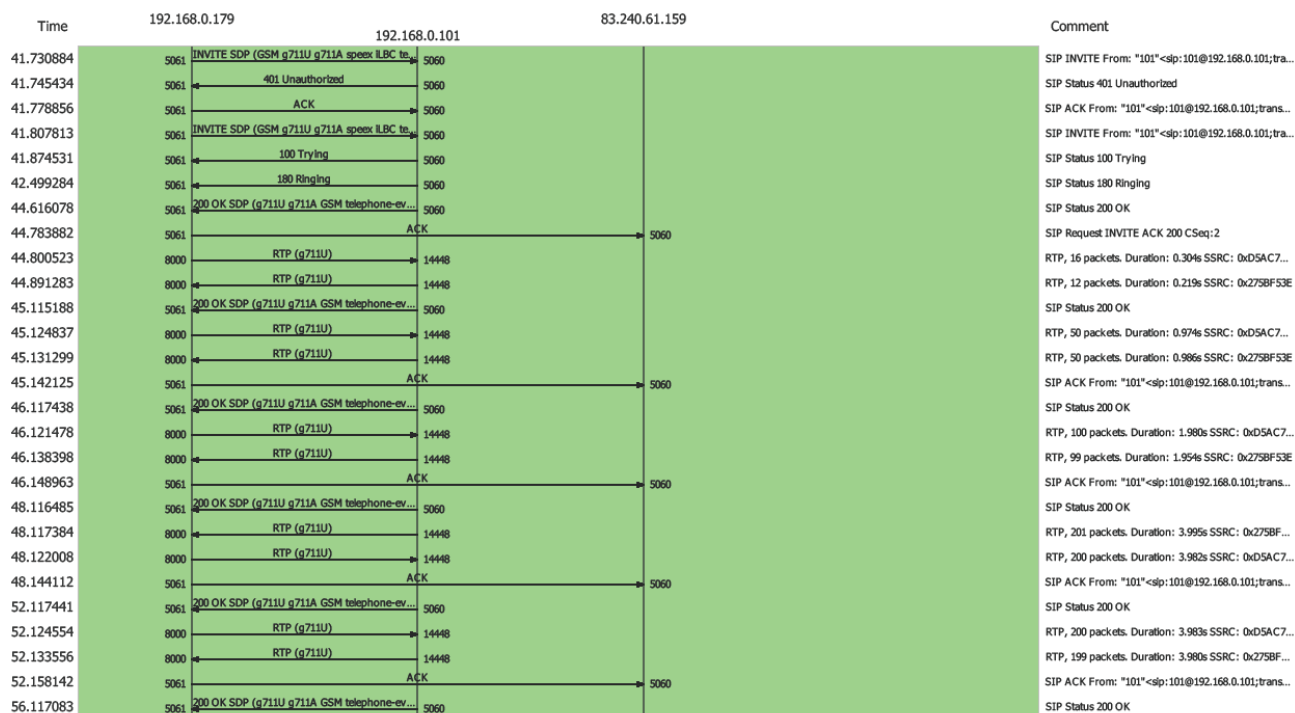
Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9057	0	78,682	15,777
2. účastník	G.711U	9068	0	30,975	2,793



Obr. 23: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty

Tab. 9: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefony Zoiper a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9160	0	78,049	11,160
2. účastník	G.711U	9178	0	32,185	2,720



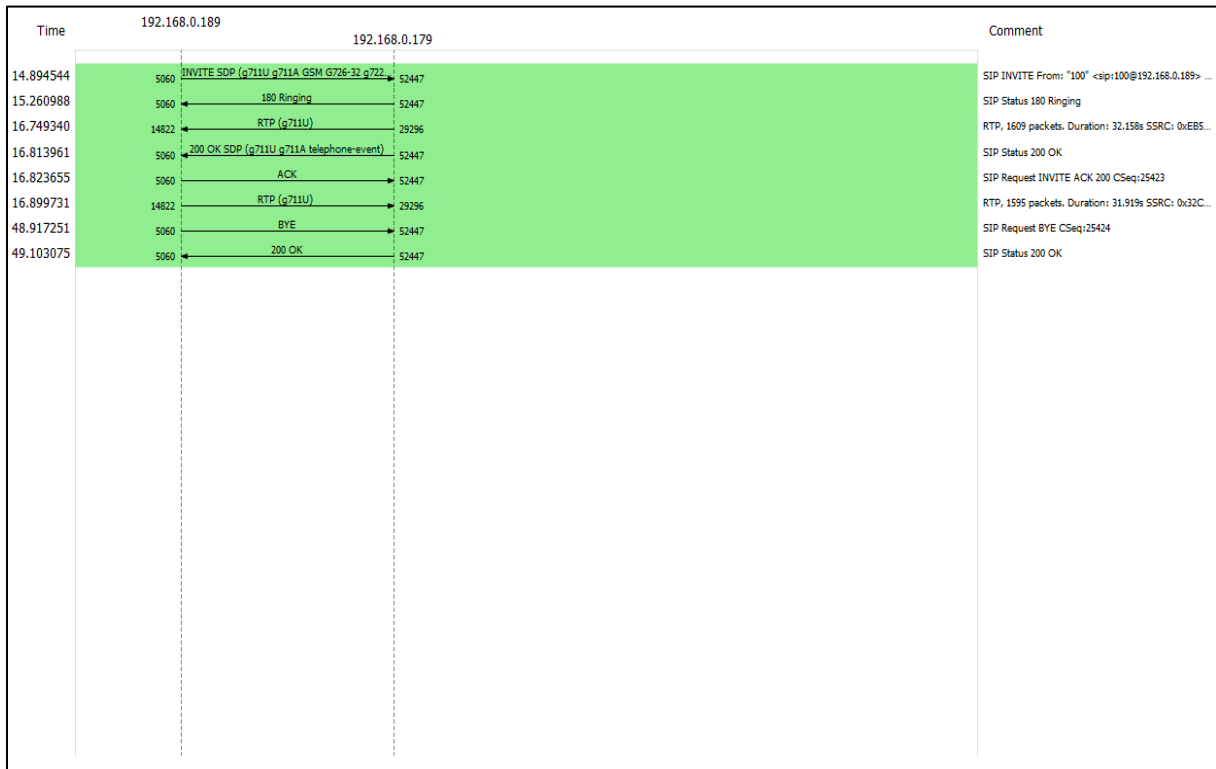
Obr. 24: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení hovoru bez zatížení s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 30 s

Tab. 10: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefonu Zoiper a Zoiper, délka hovoru 30 s

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1593	0	99,769	19,963
2. účastník	G.711U	1591	0	31,931	3,280



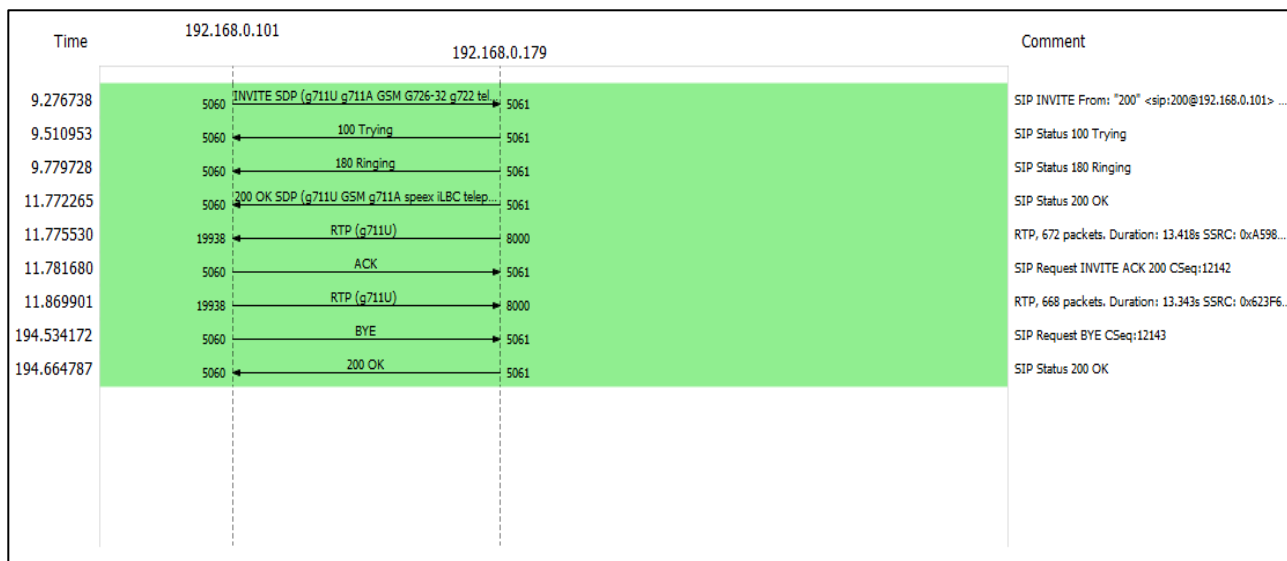
## Volání v rámci dvou ústředen se zatížením:



Obr. 25: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonu X-lite a Zoiper s délkou hovoru 30 s

Tab. 11: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefony X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s

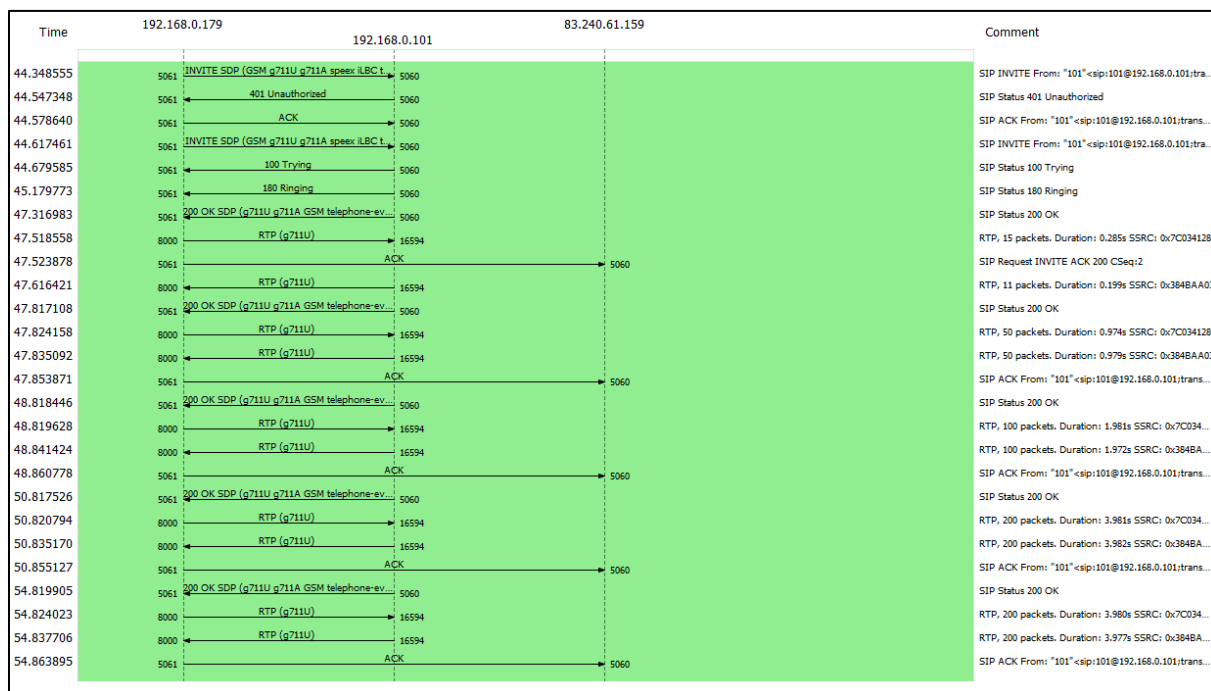
Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1609	0	21,633	0,462
2. účastník	G.711U	1595	2	669,404	44,042



Obr. 26: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonu X-lite a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty

Tab. 12: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefony X-lite a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

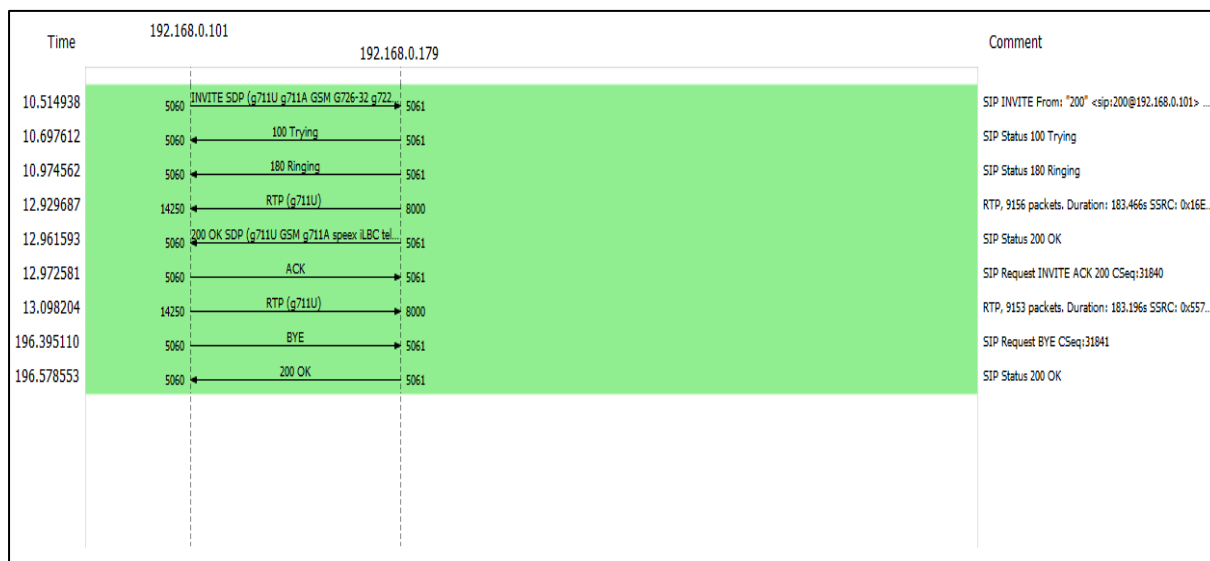
Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9118	5	215,043	38,017
2. účastník	G.711U	9133	0	74,190	10,566



Obr. 27: Komunikace v rámci dvou ústředěn zahájení hovoru se zatížením s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 30 s

Tab. 13: Volání v rámci dvou ústředěn se zatížením telefonu Zoiper a Zoiper, délka hovoru 30 s

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1540	5	98,142	635,511
2. účastník	G.711U	1590	0	31,889	3,733



Obr. 28: Komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty

Tab. 14: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefony Zoiper a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9153	7	150,922	22,592
2. účastník	G.711U	9156	0	148,412	13,255

## Cíl druhé laboratorní úlohy

Cílem druhé laboratorní úlohy je seznámit studenty s nastavováním ústředen FreePBX, které jsou založené na ústřednách Asterisk, dále pak seznámit studenty s použitými softwarovými telefony, které jsou v úloze využity, a jejich protokolů, které využívají pro přenos hovoru a problematiku s propojením dvou ústředen. V úloze se studenti dozvědí, jaká je nejlepší varianta pro provoz ústředen a softwarových telefonů, jaké je uživatelské prostředí pro tyto telefony a ústředny a kde v programu Wireshark najít data o přenosu, používaném kodeku, kolísání zpoždění (jitter) a zpoždění. Jednou z výhod této telefonie je i možnost bezplatného volání do celého světa. Jediné, co tato technologie ke svému fungování potřebuje, je internetové připojení. To jediné, za co uživatel platí, jsou tedy poplatky za připojení k internetu. Softwarové telefony X-lite a Zoiper jsou nainstalovány a používány i v některých dalších laboratořích, takže je studenti neuvidí poprvé. Jediný softwarový telefon, který bude zřejmě pro většinu nový, je telefon MicroSIP. Tuto skutečnost ovšem vyvažuje fakt, že ovládání a nastavování telefonu MicroSIP je pro běžného uživatele velice jednoduché a pokud se studentům pomocí návodu podaří nastavit telefon X-lite, nebudou mít větší problémy s nastavováním i tohoto telefonu. Co se týče ústředen FreePBX, ty jsou hojně využívány v malých a středních firmách a jejich nastavování není zrovna jednoduché a ne každý se tímto tématem zabývá. Proto bude pro studenty přínosem seznámit se s prostředím a nastavováním této ústředny, která je postavená na základech ústředny Asterisk. Studenti si vyzkouší nejenom registraci jednotlivých telefonů na ústřednu, ale i propojení mezi ústřednami a jako volitelný úkol mají možnost povolit na ústřednách videohovor. V závislosti na tom, co jim určí vyučující, si mohou vyzkoušet i jiné nastavení, například zvolit místo IAX trunku například SIP trunk a srovnat výsledky mezi sebou. Mohou se nainstalovat i jiné softwarové telefony a otestovat jejich složitost nastavení a kvalitu přenášeného hovoru. Možností jaké telefony zvolit, mezi kterými si volat a jak nastavit ústředny je mnoho, a proto bude i mnoho různých výsledků. Počítá se s tím, že při testování kvality přenosu a jejího hodnocení bude mít každý student individuální názor na to, jak tuto kvalitu ohodnotit. Po nastavení a úspěšném provedení hovorů v rámci jedné ústředny i obou ústředen jak se zatížením tak i bez zatížení si student odnese

poznatky o tom, jak vypadá softwarová ústředna, jakým způsobem se nastavuje, jaká je náročnost tohoto nastavení a pokud by se někdy v budoucnu měli zabývat například ve svém zaměstnání nastavením softwarové ústředny, odnesou si alespoň základní znalosti z této úlohy. Kromě tohoto seznámení se softwarovými ústřednami a vybranými softwarovými telefony si studenti vyzkouší ovládání a výběr potřebných informací z programu Wireshark, který se hojně používá jak na naší fakultě, tak i v praxi, kde ho pracovníci využívají jako nejspolehlivější program pro analýzu síťového provozu.

## 8 Závěr

Tato bakalářská práce byla realizována pomocí programu Wireshark a VoIP telefonů X-Lite, Zoiper a MicroSIP. Cílem této práce bylo vytvořit jednoduchou privátní síť a tu poté otestovat při zátěži a bez zátěže. V semestrální práci byla sestavena první laboratorní úloha, při které byl analyzován provoz v programu Wireshark. V bakalářské práci pak byla vytvořena druhá laboratorní úloha, která byla otestována při zátěži a bez zátěže. Při analýze telefonů Zoiper a X-Lite bylo možné zachytit celé sestavení hovoru. V programu Wireshark byly v obou případech odchytnuty metody, které využívá protokol SIP. Pro oba telefony bylo také možné zachytit přenos RTP. VoIP telefon X-Lite byl složitější na konfiguraci, ale zachycení komunikace bylo oproti VoIP telefonu Zoiper snadnější. V programu Wireshark bylo možné přehledně zobrazit jednotlivé metody během navázání, v průběhu a při ukončení hovoru. V bakalářské práci je sestavena druhá laboratorní úloha, ve které si studenti vyzkouší konfiguraci dvou SW ústředen FreePBX, které jsou nainstalovány ve virtuálním prostředí. Tato vytvořená privátní síť je otestována při zátěži a bez zátěže pomocí třech SW VoIP telefonů.

V programu Wireshark bylo vidět zachycení komunikace mezi dvěma softwarovými telefony, kde byl vidět proces zahájení a ukončení hovorů pomocí protokolu SIP. Jako použitý kodek byl zachycen kodek G.711, který se používá pro přenos audia. Dále byl odzkoušen video hovor u kterého byl zachycen, pro přenos videa, kodek H.264. Tento videohovor byl realizován v rámci jedné ústředny a to pomocí softwarového telefonu MicroSIP. Kvalita videohovoru byla nedostačující. V reálném provozu by se takový videohovor nedal uskutečnit. Špatná komunikace mohla být způsobena tím, že obě dvě ústředny FreePBX byly nainstalovány ve virtuálním prostředí na jednom počítači společně se softwarovými telefony. Tím mohlo dojít k přetěžování počítače a to vedlo k nestabilitě a horší kvalitě hovoru. Jako další možná příčina špatné kvality hovoru může být to, že oba dva počítače byly připojeny do sítě prostřednictvím sítě WiFi, která nedosahuje takových kvalit jako kabelové připojení. Zvláště, když se uvažuje podmínky měření v domácím prostředí, kde se vyskytuje více WiFi sítí. V rámci jedné ústředny bylo provedeno volání mezi softwarovými telefony X-lite → X-lite a MicroSIP → MicroSIP. Z těchto dvou odzkoušených hovorů vycházela lépe kombinace X-lite → X-lite. Kvalita hovoru mezi X-lite → X-lite byla lepší, než u kombinace telefonů MicroSIP → MicroSIP, ale pořád se v ní vyskytovaly problémy s kvalitou přenášeného

audia. V hovoru byla slyšet ozvěna z důvodu většího zpoždění a nízká hlasitost hovoru. Tyto hovory byly provedeny bez zatížení a následně se zatížením, kde hovor při zatíženém provozu dosahoval horších kvalit, než hovor bez zatížení. U zatíženého provozu byla vyšší ztrátovost paketů. Kvalitu hovoru by bylo možné zlepšit, pokud by softwarové ústředny byly nainstalovány na specializovaném serveru. Také by se kvalita hovoru mohla zlepšit tím, že by softwarové telefony pracovaly v síti VLAN (Virtual Local Area Network). Tím by se docílilo i snadnější správy sítě. Druhá část této laboratorní úlohy se zabývala spojením a vytvářením hovorů mezi dvěma ústřednami. Na propojení dvou ústředen FreePBX byl zvolen IAX trunk místo SIP trunk. SIP trunk je využíván v laboratořích jiného předmětu a také proto, že IAX trunk byl vytvořen přímo společností, která vytváří softwarové ústředny Asterisk. Hovory byly provedeny mezi softwarovými telefony X-lite → Zoiper a Zoiper → Zoiper s variantou bez zátěže i se zátěží na 30 sekund a 3 minuty. Nejlepších výsledků dosahovala kombinace telefonů Zoiper → Zoiper, kde kvalita hovoru dosahovala vysoké kvality a to jak bez zatížení, tak se zatížením na 30 sekund i na 3 minuty. Tato kombinace nebyla vyzkoušena v rámci jedné ústředny, kde by podle odhadu dosahovala stejných kvalit jako v rámci dvou ústředen. Jeden z možných důvodů proč kvalita hovoru u telefonů Zoiper → Zoiper dosahovala takových kvalit je, že je použito jiné nastavení tohoto softwarového telefonu. U kombinace softwarových telefonů X-lite → Zoiper byla kvalita hovoru horší, než u kombinace telefonů Zoiper → Zoiper a to jak ve variantě se zatížením tak u varianty bez zatížení. Důvodem mohlo být, že tyto dva softwarové telefony nejsou primárně určeny na komunikaci mezi sebou. Většinou je hovor uskutečněn mezi dvěma stejnými softwarovými nebo hardwarovými telefony. Kvalita a správa telefonů a ústředen by se dala zlepšit stejně jako u varianty s jednou ústřednou. Zatížení bylo docíleno stahováním dat z internetu a sledováním videí z youtube během hovoru. V závěru celého měření byly zpracovány výsledky z programu Wireshark, ze kterých byly vybrány hodnoty počtu paketů, ztráta paketů, zpoždění, jitter a komunikační kodek. Ke každému uskutečněnému hovoru je přiložen obrázek s navázáním a ukončením komunikace. Všechny naměřené výsledky byly sestaveny do tabulek 1 až 14 podle zvolených telefonů v rámci jedné nebo dvou ústředen a v rámci zvoleného času hovoru. Po dohodě s vedoucím práce byly přílohy nahrány samostatně na flash disk z důvodů velkého



objemu dat. V těchto přílohách je nahrána celá laboratorní úloha s původním nastavením, které bylo využito i při měření této práce.

# Literatura

- [1] HALAMIK, Z. Diplomová práce Možnosti vazby soft switche asterisk na pobočkové ústředny 4. generace. FEKT, Brno 2008. s. 1-63. (cs)
- [2] ČERNÝ, M. Bakalářská práce Zabezpečení VoIP telefonie. FEKT, Brno 2008. s. 1-73. (cs)
- [3] ČÍKA, P. Multimediální služby. FEKT, Brno 2012. s. 1-129. ISBN:978-80-214-4443-0 (cs)
- [4] SMÉKAL, L. Bakalářská práce Realizace SIP/H.323 brány s použitím ústředny ASTERISK. FEKT, Brno 2008. s. 1-57. (cs)
- [5] ČÍKA, P. Přenos a komprese audio/video dat pro integrovanou výuku VUT a VŠB-TUO, FEKT, Brno 2014. s. 1-85. ISBN:978-80-214-5061-5. (cs)
- [6] ŠILHAVÝ, P. Telekomunikační a informační systémy, FEKT, Brno 2014. s. 1-140. (cs)
- [7] MOLNÁR, K. Praktikum informačních sítí (BPIS), FEKT, Brno 2013. s. 1-135. (cs)
- [8] PUŽMANOVÁ, R. Moderní komunikační sítě od A do Z. Computer Press, Brno 2006. s.1-420. ISBN: 80-251-1278-0. (cs)
- [9] FILKA, M. Přenosová média, FEKT, Brno 2011. s.1-202. ISBN:978-80-214-4444-7. (cs)
- [10] KRAJÍČEK, M. Bakalářská práce Analyzátor kvality VoIP hovorů. FEKT, Brno 2010. s. 1-38. (cs)
- [11] BÍLEK, T. Bakalářská práce Domácí telefonní ústředna pro VoIP, FEKT, Brno 2008. s. 1-40. (cs)
- [12] ROZMAN, J. Bakalářská práce Přenos hlasu nespolehlivou sítí, FEKT, Brno 2010. s.1-48. (cs)
- [13] BASEL, M. Bakalářská práce Analyzátor kvality hovorů VoIP, FIT VUT, Brno 2014. s. 1-50. (cs)
- [14] KOHOUTEK, M., KOVÁŘ, P., ŠKORPIL, V., Praktická TELEINFORMATIKA, FEKT, Brno 2008. s. 1-140. ISBN: 978-80-214-3747-0. (cs)

- [15] BENÝŠEK, J. Realizace aplikace typu automatic attendant pomocí ústředny ASTERISK, FEKT, Brno 2008. s. 1-49. (cs)
- [16] Zoiper, [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com). [online]. [cit.2019-12-1].
- [17] STRAČÁR, I. Diplomová práce Implementace jednoduché pobočkové ústředny na OPENWRT, FEKT VUT, Brno 2014. s. 1-44.(cs)
- [18] SEDLÁČEK, P. Bakalářská práce Domácí telefony a videotelefony, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Zlín 2010. s.1-46. (cs)
- [19] Bezdrátová komunikace, [www.elprocus.com](http://www.elprocus.com). [online]. [cit.2019-12-1].
- [20] KRULICH, F. Bakalářská práce Pokročilý roaming ve Wi-Fi sítích, FEKT VUT, Brno 2019. s. 1-45. (cs)
- [21] G.711, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org). [online]. [cit.2019-12-1].
- [22] BÁŇA, J. Diplomová práce Klasifikace přenosových kanálu na základě analýzy řečového signálu, FEKT VUT, Brno 2013. s. 1-58. (cs)
- [23] SCHON, M. Bakalářská práce Realizace VoIP ústředny Asterisk, FEKT VUT, Brno 2011. s. 1-64. (cs)
- [24] BĚLÍK, D. Bakalářská práce Proprietární VoIP protokoly výrobců pobočkových ústředen, FEKT VUT, Brno 2011. s. 1-67. (cs)
- [25] VANĚK, J. Diplomová práce Kvalita služeb a kvalita zážitku pro sítě nové generace, FEKT VUT, Brno 2018. s.1-69. (cs)
- [26] HAŠKO, J. bakalářská práce Měření přenosových parametrů datových sítí, FEKT VUT, Brno 2016. s. 1-62. (sk)
- [27] SIP trunk, [www.3CX.com](http://www.3CX.com). [online]. [cit.2020-6-6].
- [28] MicroSIP, [www.microsip.org](http://www.microsip.org). [online]. [cit.2020-6-6].
- [29] Přetížení, [cs.qwe.wiki](http://cs.qwe.wiki) [online]. [cit.2020-6-6].
- [30] Ztráta paketů, [cs.qwe.wiki](http://cs.qwe.wiki) [online]. [cit.2020-6-7].
- [31] Výpadky, [cs.qwe.wiki](http://cs.qwe.wiki) [online]. [cit.2020-6-7].
- [32] MUHINI, L. K. bakalářská práce Návrh a realizace simulátoru metalických vedení, Fakulta elektrotechniky a informatiky VŠB-Technická univerzita Ostrava, Katedra telekomunikační techniky, Ostrava 2010. s.1-40. (cs)

# Seznam symbolů a zkratek

VoIP (Voice over Internet Protocol)  
DRAPA (Defense Advanced Research Projects Agency)  
IP (Internet Protocol)  
Wi-Fi (Wireless Fidelity)  
WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)  
TCP (Transmission Control Protocol)  
QoS (Quality of Service)  
ISDN (Integrated Services Digital Network)  
FTP (File Transfer Protocol)  
MOS (Mean Opinion Score)  
ACR (Absolute Category Rating)  
PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality)  
VAD (voice activity detektor)  
SRTP (secure real-time transport)  
ITU (International Telecommunication Union)  
MGCP (Media Control Gateway Protocol)  
IAX (Inter Asterisk eXchange)  
UDP (User Datagram Protocol)  
NAT (network address translation)  
RTP (Real Time Transport Protocol)  
RTCP (RTP Control Protocol)  
SIP (Session Initiation Protocol)  
UAC (User Agent Client)  
UAS (User Agent Server)  
TDM (Time Division Multiplex)  
SW (Software)  
HW (Hardware)  
MPEG-4 (Moving Picture Experts Group)  
LAN (Local Area Network)  
RAM (Random Access Memory)  
UTP (Unshielded Twisted Pair)

STP (Shielded Twisted Pair)

P2P (Peer-To-Peer)

## Seznam příloh

Příloha 1 - Naměřené průběhy .....	73
Příloha 2 - Tabulky .....	78
Příloha 3 – Manuál pro vyučující /studenty .....	81
Příloha 4 – Manuál pro vyučující /studenty .....	93
Příloha 5 - Vzorový protokol .....	105
Příloha 6 - Vzorový protokol .....	112

# Příloha 1 - Naměřené průběhy

## Zachycení analýzy provozu mezi VoIP telefony X-Lite a Zoiper

```

*Wi-Fi
File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help
isp
No. Time Source Destination Protocol Length Info
11 1.435648 192.168.0.178 192.168.0.179 SIP/SDP 984 Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060 |
12 1.908860 192.168.0.178 192.168.0.179 SIP/SDP 984 Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060 |
16 2.050094 192.168.0.179 192.168.0.178 SIP 467 Status: 180 Ringing |
27 5.243568 192.168.0.179 192.168.0.178 SIP/SDP 904 Status: 200 OK |
44 5.370182 192.168.0.178 192.168.0.179 SIP 497 Request: ACK sip:1002@192.168.0.179:5060 |
2227 26.344056 192.168.0.178 192.168.0.179 SIP 537 Request: BYE sip:1002@192.168.0.179:5060 |
2229 26.451121 192.168.0.179 192.168.0.178 SIP 459 Status: 200 OK |

Destination Port: 5061
Length: 425
Checksum: 0x16b1 [unverified]
[Checksum Status: Unverified]
[Stream index: 2]
[Timestamps]
* Session Initiation Protocol (200)
* Status-Line: SIP/2.0 200 OK
  Status-Code: 200
  [Resent Packet: False]
  [Request Frame: 2227]
  [Response Time (ms): 107]
  [Release Time (ms): 107]
* Message Header
  * Via: SIP/2.0/UDP 192.168.0.178:5061;branch=z9hG4bK-d87543-f0374f540b6d855a-1--d87543-;rport=5061
    Transport: UDP
    Sent-by Address: 192.168.0.178
    Sent-by port: 5061
    Branch: z9hG4bK-d87543-f0374f540b6d855a-1--d87543-;rport=5061
  Contact: <sip:1002@192.168.0.179:5060>
  To: "sip:1002@192.168.0.179:5060"<sip:1002@192.168.0.179:5060>;tag=33213a0e
  From: "TEST"<sip:1001@192.168.0.178>;tag=05673073
  Call-ID: M2I4NGIzNmFHNGY2MmUxOjMjZjE2NDI1MjVkdDYODY.
  [Generated Call-ID: M2I4NGIzNmFHNGY2MmUxOjMjZjE2NDI1MjVkdDYODY.]
  CSeq: 2 BYE
    Sequence Number: 2
    Method: BYE
  User-Agent: X-Lite release 1006e stamp 34025
  
```

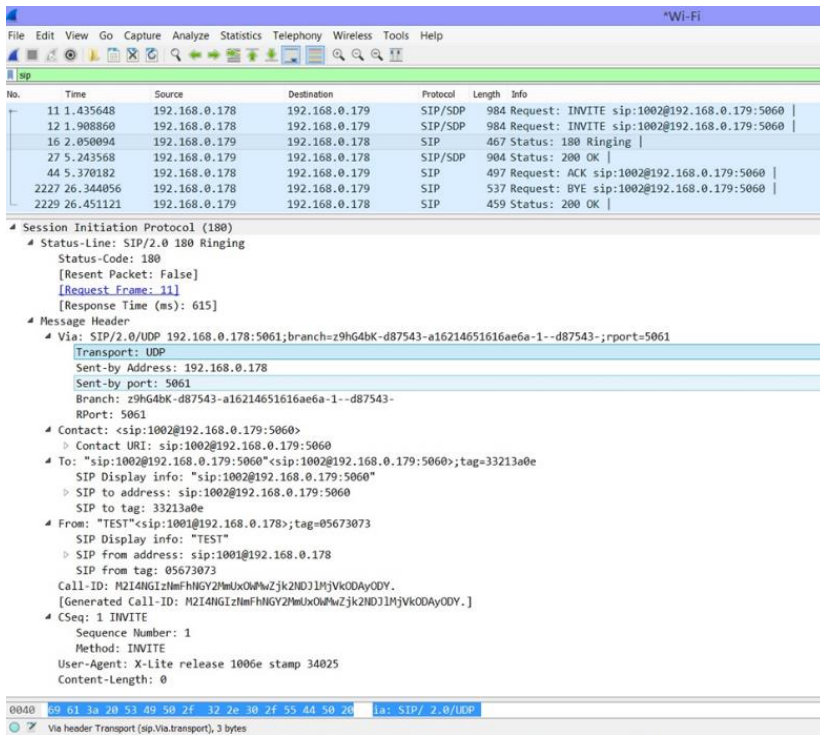
Obr.1.: X-Lite metoda INVITE

```

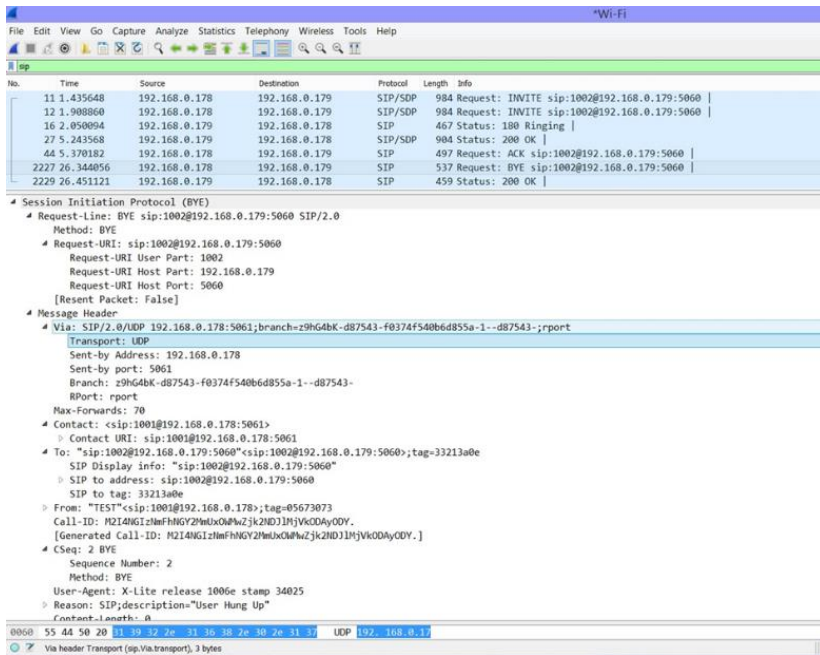
*Wi-Fi
File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help
isp
No. Time Source Destination Protocol Length Info
11 1.435648 192.168.0.178 192.168.0.179 SIP/SDP 984 Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060 |
12 1.908860 192.168.0.178 192.168.0.179 SIP/SDP 984 Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060 |
16 2.050094 192.168.0.179 192.168.0.178 SIP 467 Status: 180 Ringing |
27 5.243568 192.168.0.179 192.168.0.178 SIP/SDP 904 Status: 200 OK |
44 5.370182 192.168.0.178 192.168.0.179 SIP 497 Request: ACK sip:1002@192.168.0.179:5060 |
2227 26.344056 192.168.0.178 192.168.0.179 SIP 537 Request: BYE sip:1002@192.168.0.179:5060 |
2229 26.451121 192.168.0.179 192.168.0.178 SIP 459 Status: 200 OK |

* Session Initiation Protocol (200)
* Status-Line: SIP/2.0 200 OK
  Status-Code: 200
  [Resent Packet: False]
  [Request Frame: 11]
  [Response Time (ms): 3808]
* Message Header
  * Via: SIP/2.0/UDP 192.168.0.178:5061;branch=z9hG4bK-d87543-a16214651616ae6a-1--d87543-;rport=5061
    Transport: UDP
    Sent-by Address: 192.168.0.178
    Sent-by port: 5061
    Branch: z9hG4bK-d87543-a16214651616ae6a-1--d87543-;rport=5061
  Contact: <sip:1002@192.168.0.179:5060>
  Contact URI: sip:1002@192.168.0.179:5060
  To: "sip:1002@192.168.0.179:5060"<sip:1002@192.168.0.179:5060>;tag=33213a0e
  SIP Display info: "sip:1002@192.168.0.179:5060"
  SIP to address: sip:1002@192.168.0.179:5060
  SIP to tag: 33213a0e
  From: "TEST"<sip:1001@192.168.0.178>;tag=05673073
  SIP Display info: "TEST"
  SIP from address: sip:1001@192.168.0.178
  SIP from tag: 05673073
  Call-ID: M2I4NGIzNmFHNGY2MmUxOjMjZjE2NDI1MjVkdDYODY.
  [Generated Call-ID: M2I4NGIzNmFHNGY2MmUxOjMjZjE2NDI1MjVkdDYODY.]
  CSeq: 1 INVITE
    Sequence Number: 1
    Method: INVITE
  Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, NOTIFY, MESSAGE, SUBSCRIBE, INFO
  Content-Type: application/sdp
  User-Agent: X-Lite release 1006e stamp 34025
  
```

Obr.2.: X-Lite metoda 200 OK



Obr.: 3 X-Lite metoda 180 Ringing



Obr.4.: X-Lite metoda BYE



**\*Wi-Fi**

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Filter: sip or rtp

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
24	3.890299	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
25	4.299482	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
30	4.463837	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	367	Status: 180 Trying
31	4.622861	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	467	Status: 180 Ringing
92	17.973730	192.168.0.179	192.168.0.178	CLASSI..	98	Message: Binding Request
95	18.038351	192.168.0.178	192.168.0.179	CLASSI..	134	Message: Binding Response
96	18.111396	192.168.0.179	192.168.0.178	RTP	134	PT=8, SSRC=0x2AD8840C, Seq=7770, Time=1926600, Mark

Frame 96: 134 bytes on wire (1072 bits), 134 bytes captured (1072 bits) on interface 0  
 Ethernet II, Src: IntelCor\_f3:29:4c (00:24:d7:f3:29:4c), Dst: IntelCor\_Ba:ec:1f (30:3a:64:ba:ec:1f)  
 Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.179, Dst: 192.168.0.178  
 User Datagram Protocol, Src Port: 5062, Dst Port: 5062  
 Destination Port: 5062  
 Length: 100  
 Checksum: 0xb8be [unverified]  
 [Checksum Status: Unverified]  
 [Stream index: 16]  
 [Timestamps]  
 Real-Time Transport Protocol  
 Stream setup by SDP (frame 24)  
 Setup frame: 24  
 Setup Method: SDP  
 [Generated Call-ID: NDNKTYA3M#0mZcxHDAzYzBiNTgzMDQyZTNjMzc1YTY.]  
 10. .... = Version: RFC 1889 Version (2)  
 ..0. .... = Padding: False  
 ...0. .... = Extension: False  
 ....0000 = Contributing source identifiers count: 0  
 1. .... = Marker: True  
 Payload type: BV32 (107)  
 Sequence number: 7770  
 [Extended sequence number: 73306]  
 Timestamp: 1926600  
 Synchronization Source identifier: 0x2ad8840c (718832652)  
 Payload: 710f8cac14e5a940231de9cf8a20fa42afdfa159af10b17..

0000 30 3a 64 ba ec 1f 00 24 d7 f3 29 4c 08 00 45 00 0:d...\$...L..E

wreshark\_Wi-Fi\_20191220154003\_810892.pcapng

Obr.5.: X-Lite RTP protokol

**Capturing from Wi-Fi**

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Filter: Apply a display filter ... <Ctrl>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
39	14.020755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
45	14.228735	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	480	Status: 180 Ringing
66	18.050842	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP/SDP	805	Status: 200 OK
67	18.069579	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
223	21.105309	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
224	21.105742	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
226	21.119716	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	462	Status: 489 Event Package Not Supported

Session Initiation Protocol (INVITE)  
 Request-Line: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0  
 Method: INVITE  
 Request-URI: sip:101@192.168.0.179;transport=UDP  
 Request-URI User Part: 101  
 Request-URI Host Part: 192.168.0.179  
 [Resent Packet: False]  
 Message Header  
 Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-d23d7f83212c890a-1---d8754z-  
 Transport: UDP  
 Sent-by Address: 94.113.77.60  
 Sent-by port: 5060  
 Branch: z9hG4bK-d8754z-d23d7f83212c890a-1---d8754z-  
 Max-Forwards: 70  
 Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>  
 To: <sip:101@192.168.0.179;transport=UDP>  
 From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=d2165157  
 Call-ID: YJESZwY2YTI0ODYxOTY3NmVhMmMhMh1MhF1NTQwQWQ.  
 [Generated Call-ID: YJESZwY2YTI0ODYxOTY3NmVhMmMhMh1MhF1NTQwQWQ.]  
 CSeq: 1 INVITE  
 Sequence Number: 1  
 Method: INVITE  
 Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE  
 Content-Type: application/sdp  
 Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, X-cisco-serviceuri  
 User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984  
 Allow-Events: presence, kpml  
 Content-Length: 327  
 Message Body  
 Session Description Protocol  
 Session-Description-Protocol-Version: 0

0060 61 3a 20 53 49 50 2f 32 2e 30 2f 65 44 66 20 39 e: SIP/2.0/UDP 9

Via header Transport (sip.Via;transport), 3 bytes

Packets: 2839

Obr.6.: Zoiper metoda INVITE

Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Apply a display filter ... <Ctrl-F>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
67	18.069575	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
757	30.271600	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
39	14.020755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
522	26.078473	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
832	56.112792	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1558	86.142752	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1704	116.106199	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)

Length: 699  
Checksum: 0x4939 [unverified]  
[Checksum Status: Unverified]  
[Stream index: 23]  
[Timestamps]

Session Initiation Protocol (REGISTER)

Request-Line: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP SIP/2.0

Method: REGISTER

Request-URI: sip:192.168.0.178;transport=UDP  
Request-URI Host Part: 192.168.0.178  
[Resent Packet: False]

Message Header

Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5061;branch=z9hG4bK-d8754z-d650d7e250a50f55-1---d8754z-  
Transport: UDP  
Sent-by Address: 94.113.77.60  
Sent-by port: 5061  
Branch: z9hG4bK-d8754z-d650d7e250a50f55-1---d8754z-  
Max-Forwards: 70  
Contact: <sip:101@94.113.77.60:5061;rinstance=254db1e8b8ff31a9;transport=UDP>  
To: "test1"<sip:101@192.168.0.178;transport=UDP>  
From: "test1"<sip:101@192.168.0.178;transport=UDP>;tag=df30de07  
Call-ID: ODJ10GVhYmE0NmJkMGhYjKjY2Q5OTQwMT0ZmlhVzY.  
[Generated Call-ID: ODJ10GVhYmE0NmJkMGhYjKjY2Q5OTQwMT0ZmlhVzY.]  
CSeq: 1 REGISTER  
Expires: 3600  
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE  
Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, X-cisco-serviceuri  
User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984  
Allow-Events: presence, kpml  
Content-Length: 0

0020 00 b2 13 c5 13 c4 02 bb 49 39 52 45 47 49 53 54 ..... I9Regis

SIP Method (sip.Method), 8 bytes

## Обр.7.: Zoiper metoda REGISTER

Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Apply a display filter ... <Ctrl-F>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3183	381.123776	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
3341	411.154748	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
3454	441.143273	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
223	21.105399	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
805	51.182636	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
1460	81.154794	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
1685	111.151024	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP

[Stream index: 12]  
[Timestamps]

Session Initiation Protocol (SUBSCRIBE)

Request-Line: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0

Method: SUBSCRIBE

Request-URI: sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP  
Request-URI User Part: 1000  
Request-URI Host Part: 192.168.0.179  
[Resent Packet: False]

Message Header

Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-054b4b11741cc9cb-1---d8754z-  
Transport: UDP  
Sent-by Address: 94.113.77.60  
Sent-by port: 5060  
Branch: z9hG4bK-d8754z-054b4b11741cc9cb-1---d8754z-  
Max-Forwards: 70  
Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>  
To: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>  
From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=134d2c1e  
Call-ID: Yzk4NDUyYWRhMjkiYTAYMmE2NDg0ZDZlZGh0ZG93OGUzYTM.  
[Generated Call-ID: Yzk4NDUyYWRhMjkiYTAYMmE2NDg0ZDZlZGh0ZG93OGUzYTM.]  
CSeq: 1 SUBSCRIBE  
Expires: 3600  
Accept: application/simple-message-summary  
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE  
Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, X-cisco-serviceuri  
User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984  
Event: message-summary  
Allow-Events: presence, kpml  
Content-Length: 0

0080 35 30 36 30 3b 62 72 61 6e 63 68 3d 7a 39 68 47 5060;bra nch=5060

SIP Via Branch (sip.Via.branch), 43 bytes

## Обр.8.: Zoiper metoda SUBSCRIBE

Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

(ip.addr eq 192.168.0.178 and ip.addr eq 192.168.0.179) and (udp.port eq 5061 and udp.port eq 5060)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
67	18.069575	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
757	30.271600	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
39	14.020755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
522	26.078473	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
832	56.112792	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1558	86.142752	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1704	116.106199	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)

Destination Port: 5060  
Length: 469  
Checksum: 0x93d0 [unverified]  
[Checksum Status: Unverified]  
[Stream index: 12]  
[Timestamps]

Session Initiation Protocol (ACK)

- Request-Line: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0
- Method: ACK
- Request-URI: sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
  - Request-URI User Part: 101
  - Request-URI Host Part: 192.168.0.179
  - [Resent Packet: False]
  - [Request Frame: 39]
  - [Response Time (ms): 4048]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-28833e5c604f2b12-1---d8754z-  
Transport: UDP  
Sent-by Address: 94.113.77.60  
Sent-by port: 5060  
Branch: z9hG4bK-d8754z-28833e5c604f2b12-1---d8754z-  
Max-Forwards: 70  
Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>  
To: <sip:101@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=3157d951  
From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=d2165157  
Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMm9hMDFhMwF1NTQwQWQ.  
[Generated Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMm9hMDFhMwF1NTQwQWQ.]  
CSeq: 1 ACK  
User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984  
Content-Length: 0

0000 00 24 d7 f3 29 4c 30 3a 64 8a ec 1f 08 00 45 00 \$-.)L0: d----E.

Wi-Fi: <live capture in progress> Packets: 31

## Obr.9.: Zoiper metoda ACK

Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

(ip.addr eq 192.168.0.178 and ip.addr eq 192.168.0.179) and (udp.port eq 5061 and udp.port eq 5060)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
67	18.069575	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
757	30.271600	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
39	14.020755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
522	26.078473	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
832	56.112792	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1558	86.142752	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1704	116.106199	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)

User Datagram Protocol, Src Port: 5060, Dst Port: 5060  
Source Port: 5060  
Destination Port: 5060  
Length: 469  
Checksum: 0x2b63 [unverified]  
[Checksum Status: Unverified]  
[Stream index: 12]  
[Timestamps]

Session Initiation Protocol (BYE)

- Request-Line: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0
- Method: BYE
- Request-URI: sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
  - Request-URI User Part: 101
  - Request-URI Host Part: 192.168.0.179
  - [Resent Packet: False]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-1e72d41b0e5ada0d-1---d8754z-  
Transport: UDP  
Sent-by Address: 94.113.77.60  
Sent-by port: 5060  
Branch: z9hG4bK-d8754z-1e72d41b0e5ada0d-1---d8754z-  
Max-Forwards: 70  
Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>  
To: <sip:101@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=3157d951  
From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=d2165157  
Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMm9hMDFhMwF1NTQwQWQ.  
[Generated Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMm9hMDFhMwF1NTQwQWQ.]  
CSeq: 2 BYE  
User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984  
Content-Length: 0

0000 00 24 d7 f3 29 4c 30 3a 64 8a ec 1f 08 00 45 00 \$-.)L0: d----E.

Wi-Fi: <live capture in progress> Packets: 31

## Obr.10.: Zoiper metoda BYE

## Příloha 2 - Tabulky

### Vyhodnocení výsledků z programu Wireshark

#### **Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení:**

Telefony X-lite X-lite

Tab. 1: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefony X-lite a X-lite, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. X-lite účastník	G.711U	9077	0	31,222	3,332
2. X-lite účastník	G.711U	9076	4	750,275	67,030

Telefony MicroSIP a MicroSIP

Tab. 2: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefony MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	H.264	3423	0	110,42	11,361
1. MicroSIP účastník	G.711U	1600	0	68,616	6,082
2. MicroSIP účastník	H.264	2087	0	134,807	12,122
2. MicroSIP účastník	G.711U	1598	0	325,464	19,896

Tab. 3: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefony MicroSIP a MicroSIP, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	G.711U	1600	0	270,206	18,549
2. MicroSIP účastník	G.711U	1602	0	30,935	2,331

#### **Volání v rámci jedné ústředny se zatížením:**

Telefony X-lite a X-lite

Tab. 4: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefony X-lite a X-lite, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. X-lite účastník	G.711U	9371	17	538,336	32,892
2. X-lite účastník	G.711U	9338	44	538,632	51,449

Telefony MicroSIP a MicroSIP

Tab. 5: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefony MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	H.264	3172	128	1567,057	598,264
2. MicroSIP účastník	G.711U	1541	59	9974,46	670,560
1. MicroSIP účastník	H.264	1969	0	1673,027	106,967
2. MicroSIP účastník	G.711U	1522	0	613,775	62,923

Tab. 6: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefonu MicroSIP a MicroSIP, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	G.711U	1600	0	81,499	12,206
2. MicroSIP účastník	G.711U	1604	0	30,975	3,117

### Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení:

Tab. 7: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefonu X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1606	0	299,275	24,816
2. účastník	G.711U	1571	0	74,891	6,927

Tab. 8: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefonu X-lite a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9057	0	78,682	15,777
2. účastník	G.711U	9068	0	30,975	2,793

Tab. 9: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefonu Zoiper a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9160	0	78,049	11,160
2. účastník	G.711U	9178	0	32,185	2,720

Tab. 10: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefonu Zoiper a Zoiper, délka hovoru 30 s

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1593	0	99,769	19,963
2. účastník	G.711U	1591	0	31,931	3,280

### Volání v rámci dvou ústředen se zatížením:

Tab. 11: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefonu X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1609	0	21,633	0,462
2. účastník	G.711U	1595	2	669,404	44,042

Tab. 12: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefonu X-lite a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9118	5	215,043	38,017
2. účastník	G.711U	9133	0	74,190	10,566

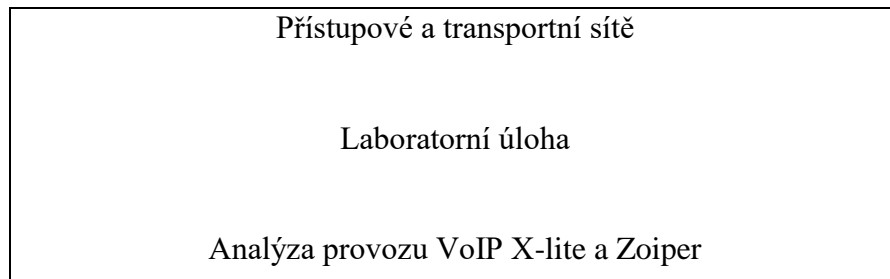
Tab. 13: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefony Zoiper a Zoiper, délka hovoru 30 s

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1540	5	98,142	635,511
2. účastník	G.711U	1590	0	31,889	3,733

Tab. 14: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefony Zoiper a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9153	7	150,922	22,592
2. účastník	G.711U	9156	0	148,412	13,255

## Příloha 3 – Manuál pro vyučující /studenty



V laboratorní úloze se budete zabývat Analýzou provozu VoIP X-Lite a Zoiper.

V úloze jsou využity softwarové VoIP telefony, u kterých bude analyzován provoz během hovoru. Cílem úlohy je seznámit se s konfigurací jednotlivých VoIP telefonů a analyzovat provoz během navázání, průběhu a ukončení hovoru. V úloze jsou použity VoIP telefony Zoiper a X-Lite. Výstupem laboratorní úlohy bude přehledný protokol analýzy dat získaných z programu Wireshark.

### **Teoretický úvod**

Protokol SIP (Session Initiation Protocol) je nejvíce využívaným signalizačním protokolem v oblasti VoIP telefonie. Tento protokol zajišťuje signalizaci, změny nebo ukončení relace, která může být ve formě audio nebo video hovoru mezi dvěma a více uživateli. Pomocí tohoto protokolu se mohou posílat i zprávy. Protokol SIP posílá žádosti a očekává relevantní odpovědi. Protokol SIP využívá port implicitně nastavený na 5060. Definiuje 6 základních typů žádostí, které jsou INVITE, ACK, OPTIONS, BYE, CANCEL a REGISTER. Odpovědi protokolu SIP mají šest kategorií a patří mezi ně odpověď 1xx, odpověď 2xx, odpověď 3xx, odpověď 4xx, odpověď 5xx a odpověď 6xx. 1xx odpověď indikuje dočasnou odpověď, 2xx úspěch, 3xx upozorňuje na přesměrování, 4xx na chybu na straně klienta, 5xx chybu na straně serveru a 6xx poukazuje na globální chybu. Mezi další protokol využívaný ve VoIP telefonii patří protokol RTP.

RTP (Real Time Transport Protocol) je protokol, který přenáší obrazová a zvuková data prostřednictvím internetu. Přenáší pakety v reálném čase. Používá se pro internetovou telefonii a videokonference. K přenosu dat využívá protokol UDP (User Datagram

Protocol) a TCP (Transmission Control Protocol). RTP sestavuje signál u koncových zařízení a všechny pakety jsou očíslovány. Proto snadno detekuje ztracené pakety. V RTP paketu je i časová známka, ve které je napsán čas vzniku, a která umožňuje výpočet kolísání zpoždění. RTP nemá nadefinované porty pro přenos TCP a UDP. Obecně se doporučuje použití portů od 16384 až do 32767. Protokol RTP negarantuje, že se data včas doručí a nemá ani garanci QoS (Quality of service).

### **Úkoly**

1. Nakonfigurujte jednotlivé VoIP telefony použité v laboratorní úloze.
2. Analyzujte provoz s využitím programu Wireshark.
3. Zobrazte data získaná při analýze hovoru a okomentujte je v závěru.

### **Zadání a postup měření**

1. Kliknutím na ikonu VoIP telefonu Zoiper spustíte a nakonfigurujete jej podle zadání v návodu úlohy

#### **Postup:**

Pro nastavení nového účtu v Zoiper VoIP telefonu nejprve musíte kliknout na options. Tato ikona se nachází napravo pod lištou phone to dial. Zde nalevo v nabídce kliknete na Add New SIP account. Objeví se nové okno, kde je napsáno Name. Pro přehlednost je vhodné zvolit jméno Zoiper, které následně do této kolonky vyplníte. Poté kliknete na tlačítko OK. Poté se objeví okno SIP account options, kde se do Domain zadá IP adresa počítače, na kterém se účet zakládá. Tuto adresu vygenerujete v příkazovém řádku cmd příkazem ipconfig. Do položky Username zvolíte například 100 a do položky Password nastavíte heslo test. Položku Caller ID Name nastavíte na test. Po zadání všech těchto parametrů se stiskne Apply a OK. Obdobným způsobem se nastaví účet na druhém počítači. Jen uvedete adresu vygenerovanou v příkazovém řádku druhého počítače a tu zapíšete do položky Domain. Do položky Username zvolíte například 101. Po nastavení druhého účtu stačí z prvního zavolat na danou klapku (v našem případě Username) a kliknout na zelené tlačítko volat.

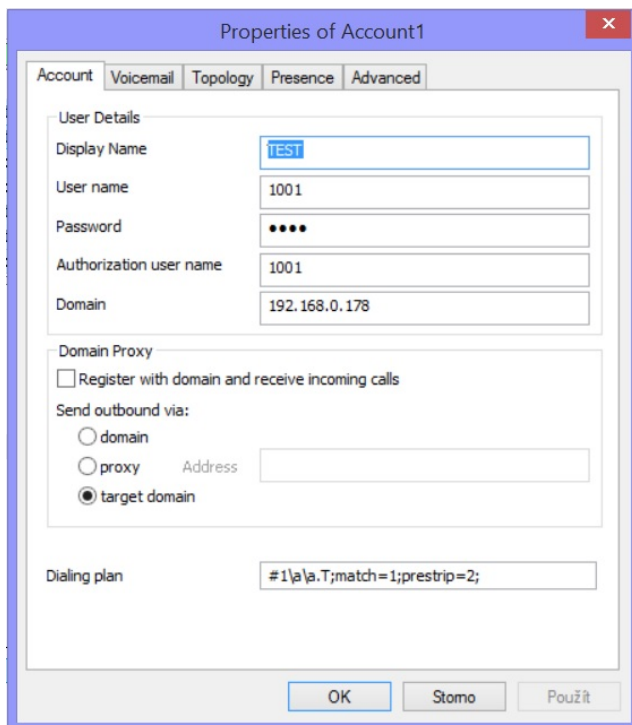


## 2. Kliknutím na ikonu X-Lite spustíte a nakonfigurujete VoIP telefon dle zadání v laboratorní úloze

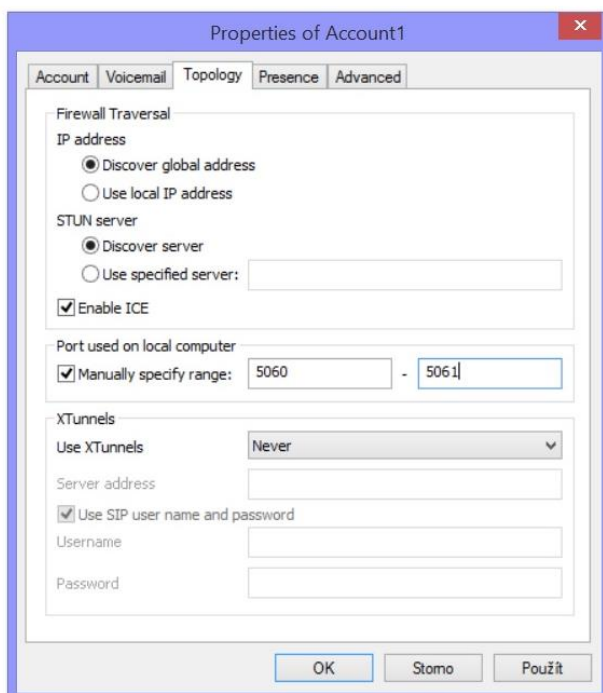
### Postup:

Po zobrazení softwarového telefonu X-Lite v horní části kliknete na levé tlačítko Show Menu. Objeví se lišta, ze které zvolíte výběr SIP account settings. Dále pak kliknete na Add a otevře se nové okno. V záložce Account je nutné vytvořit SIP účet. Do položky Domain zadáte IP adresu daného počítače, kterou zjistíte pomocí příkazového řádku `cmd` a příkazu `ipconfig`. V sekci Authorization user name přidělujete číslo klapky, které můžete libovolně zvolit. Nejvhodnější je však volit klapku tak, aby obsahovala čtyřmístné číslo. V laboratorní úloze použijete pro první počítač číslo 1001. V položce Display name zvolíte název SIP a do položky Password napíšete malými písmeny `test`. V sekci Domain Proxy nesmíte mít zatrženou možnost Registr with domain and receive incoming calls. V sekci Send outbound via zvolíte možnost target domain. Po zvolení těchto možností kliknete na záložku Topology, která je nahoře napravo od záložky Account. V záložce Port used on local computer zatrhnete Manually specify range, kde do první kolonky vyplníte číslo portu 5060 a do druhé 5061. Ve spodní části lišty kliknete na tlačítko Použít a poté vše potvrdíte tlačítkem OK. Obdobně budete postupovat při zakládání účtu na druhém počítači. Nejdříve v liště Menu zvolíte výběr SIP account settings. Dále kliknete na Add a otevře se vám nové okno, ve kterém v záložce Account vytvoříte SIP účet. Do položky Domain zadáte IP adresu druhého počítače, kterou opět zjistíte pomocí příkazového řádku `cmd` a příkazu `ipconfig`. V sekci Authorization user name přidělíte číslo klapky, které bude v případě druhého počítače obsahovat čtyřmístné číslo 1002. V položce Display name zvolíte název SIP1 a do položky Password napíšete malými písmeny heslo `test`. V sekci Domain Proxy nesmíte mít zatrženou možnost Registr with domain and receive incoming calls. V sekci Send outbound via zvolíte možnost target domain. Po zvolení těchto možností kliknete na záložku Topology. V záložce Port used on local computer zatrhnete Manually specify range a do první kolonky vyplníte číslo portu 5060 a do druhé 5061. Ve spodní části opět kliknete na ikonu Použít a potvrdíte OK. Pokud vše vyplníte správně, tak by se mělo na obrazovce VoIP telefonu objevit potvrzení registrace. Poté už jen zavoláte z jednoho účtu na druhý. Stačí pouze vyplnit sip: 1002@192.168.x.x:5060.

1002 označuje zvolené číslo klapky. 192.168.x.x je vygenerovaná adresa z příkazového řádku cmd po zadání příkazu ipconfig. A 5060 je číslo portu, na kterém protokol SIP vysílá. Jednotlivá nastavení při vytvoření účtu X-Lite je vidět na obrázcích níže.



Obr.1.: Vytvoření SIP účtu



Obr.2.: Nastavení portů



Obr.3.: Registrace SIP účtu

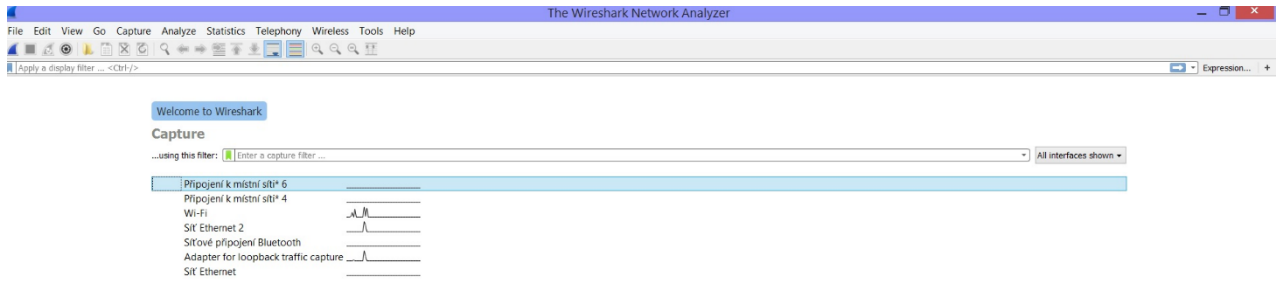


Obr.4.: Zahájení hovoru

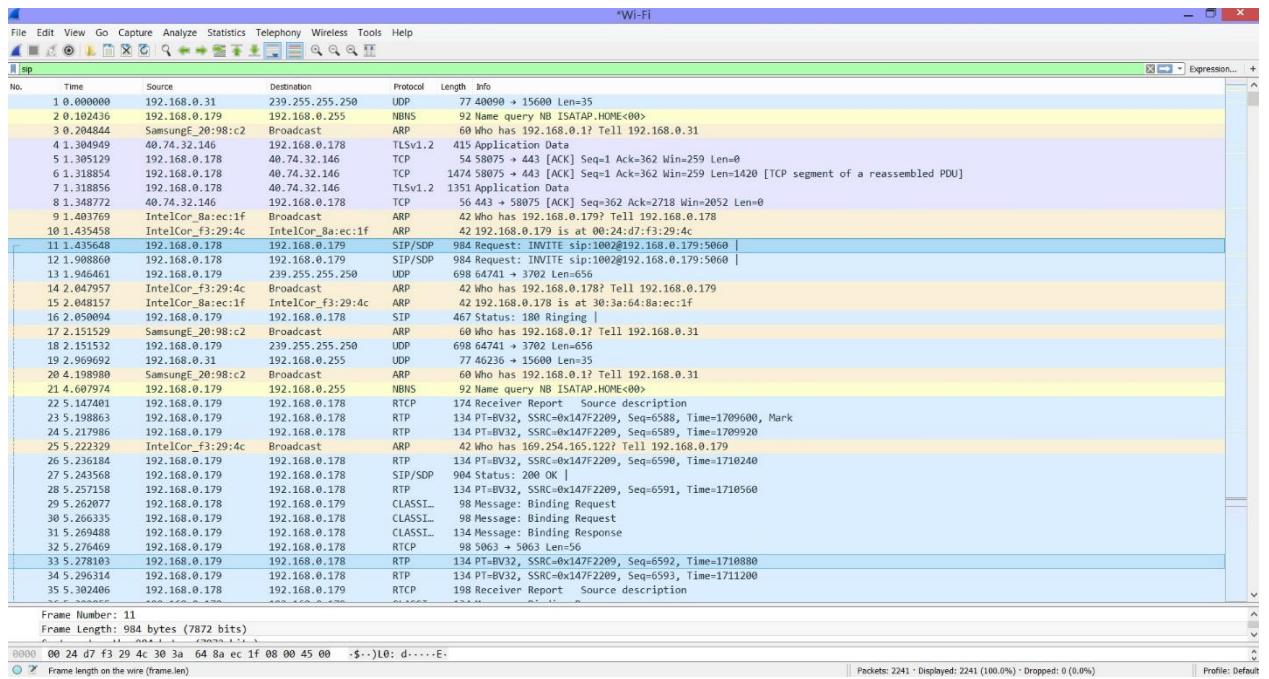
### 3. Nastavení zachytávání SIP, RTP, UDP a TCP v programu Wireshark. Program je nutné spustit v režimu správce!

#### Postup:

Na ploše spustíte ikonu programu Wireshark, na kterém postupně nastavíte zachytávání dat pro jednotlivé VoIP telefony. Program Wireshark je nutné spustit jako správce. Klikněte pravým tlačítkem myši na ikonu Wiresharku a v zobrazené liště zvolte možnost spustit jako správce. Dále se objeví okno, ve kterém potvrdíte Ano. Po spuštění programu Wireshark se zobrazí lišta, ve které zvolíte aktivní síťové připojení. Po nastavení aktivního síťového připojení v horní liště programu zadáte SIP, RTP, ip.addr == 192.168.x.x. SIP a RTP přenos je patrný pouze u VoIP telefonů Zoiper a X-Lite, kde je možné nalézt navázání, průběh a ukončení hovoru. Pro VoIP telefony Zoiper a X-lite v horní liště programu zadáte název SIP a odchytíte sestavení hovoru za použití příznaků zpráv INVITE, 200 OK, ACK, BYE, 200 OK. Pro RTP přenos je postup stejný, stačí však pouze zachytit RTP přenos a ten poté popsat. Pro VoIP telefon Zoiper nastavíte vyhledávání SIP a zachytíte sestavení hovoru pomocí příznaků zpráv INVITE, REGISTER, SUBSCRIBE, ACK a BYE. Poté nastavte vyhledávání na RTP a zachyťte první zprávu označovanou jako RTP.



Obr.5.: Nastavení programu Wireshark



Obr.6.: Zachytávání SIP - X-Lite

Wireshark capture of a SIP INVITE message. The interface shows a list of packets with columns for No., Time, Source, Destination, Protocol, Length, and Info. The selected packet is a SIP/SDP message (No. 11, Time 1.435648). The packet details pane shows the following structure:

- Request-Line: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060 SIP/2.0
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 192.168.0.178:5061;branch=z9hG4bK-d87543-a16214651616ae6a-1--d87543-;rport
  - Transport: UDP
  - Sent-by Address: 192.168.0.178
  - Sent-by port: 5061
  - Branch: z9hG4bK-d87543-a16214651616ae6a-1--d87543-
  - RPort: rport
  - Max-Forwards: 70
  - Contact: <sip:1001@192.168.0.178:5061>
    - Contact URI: sip:1001@192.168.0.178:5061
  - To: "sip:1002@192.168.0.179:5060"<sip:1002@192.168.0.179:5060>
    - SIP Display info: "sip:1002@192.168.0.179:5060"
    - SIP to address: sip:1002@192.168.0.179:5060
  - From: "TEST"<sip:1001@192.168.0.178>;tag=05673073
    - SIP Display info: "TEST"
    - SIP from address: sip:1001@192.168.0.178
    - SIP from tag: 05673073
  - Call-ID: M2I4NGIzNmFhNGY2MmUxOwMwZjk2NDJlMjVjVkODAyODY.  
[Generated Call-ID: M2I4NGIzNmFhNGY2MmUxOwMwZjk2NDJlMjVjVkODAyODY.]
  - CSeq: 1 INVITE
    - Sequence Number: 1
    - Method: INVITE
  - Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, NOTIFY, MESSAGE, SUBSCRIBE, INFO
  - Content-Type: application/sdp
  - User-Agent: X-Lite release 1006e stamp 34025
  - Content-Length: 378
- Message Body
  - Session Description Protocol

The packet bytes pane shows the hex data: 0250 65 6e 67 74 68 3a 20 33 37 38 0d 0a 0d 0a 76 3d, with a length of 378 bytes.

Obr.7.: SIP protokol - VoIP X-Lite

Wireshark capture of an RTP packet. The interface shows a list of packets with columns for No., Time, Source, Destination, Protocol, Length, and Info. The selected packet is an RTP packet (No. 96, Time 18.111396). The packet details pane shows the following structure:

- Frame 96: 134 bytes on wire (1072 bits), 134 bytes captured (1072 bits) on interface 0
- Ethernet II, Src: IntelCor\_f3:29:4c (00:24:d7:f3:29:4c), Dst: IntelCor\_8a:ec:1f (30:3a:64:8a:ec:1f)
- Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.179, Dst: 192.168.0.178
- User Datagram Protocol, Src Port: 5062, Dst Port: 5062
  - Source Port: 5062
  - Destination Port: 5062
  - Length: 100
  - Checksum: 0xb8be [unverified]  
[Checksum Status: Unverified]
  - [Stream index: 16]
  - [Timestamps]
- Real-Time Transport Protocol
  - Setup setup by SDP (frame 24)
    - Setup frame: 24
    - [Setup Method: SDP]
    - [Generated Call-ID: NDNkYTA3NmFhNGY2MmUxOwMwZjk2NDJlMjVjVkODAyODY.]
  - 10... .. = Version: RFC 1889 Version (2)
  - ..0... .. = Padding: False
  - ...0... .. = Extension: False
  - .... 0000 = Contributing source identifiers count: 0
  - 1... .. = Marker: True
  - Payload type: BV32 (107)
  - Sequence number: 7770
  - [Extended sequence number: 73306]
  - Timestamp: 1926600
  - Synchronization Source identifier: 0x2ad8840c (718832652)
  - Payload: 710f8cac14e5a940231de9cf8a20fa42afdfeal59af10b17...

Obr.8.: RTP protokol - VoIP X-Lite



Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

(ip.addr eq 192.168.0.178 and ip.addr eq 192.168.0.179) and (udp.port eq 5061 and udp.port eq 5060)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
67	18.069575	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
757	30.271600	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
39	14.020755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
522	26.078473	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
832	56.112792	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1558	86.142752	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1704	116.106199	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)

Session Initiation Protocol (INVITE)

- Request-Line: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0
- Method: INVITE
- Request-URI: sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
  - Request-URI User Part: 101
  - Request-URI Host Part: 192.168.0.179
  - [Resent Packet: False]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-d23d7f83212c890a-1---d8754z-
    - Transport: UDP
    - Sent-by Address: 94.113.77.60
    - Sent-by port: 5060
    - Branch: z9hG4bK-d8754z-d23d7f83212c890a-1---d8754z-
    - Max-Forwards: 70
    - Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>
    - From: <sip:101@192.168.0.179;transport=UDP>
    - From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=d2165157
    - Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMmMhMDh1MmF1NTQwOWQ.
    - [Generated Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMmMhMDh1MmF1NTQwOWQ.]
    - CSeq: 1 INVITE
    - Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
    - Content-Type: application/sdp
    - Supported: replaces, norefersub, extended-refer, timer, X-cisco-serviceuri
    - User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984
    - Allow-Events: presence, kpml
    - Content-Length: 327
- Message Body
  - Session Description Protocol
    - Session Description Protocol Version (v): 0
    - Owner/Creator, Session Id (o): Zoiper\_user 0 0 IN IP4 94.113.77.60
    - Session Name (s): Zoiper\_session

02b0 20 6b 70 6d 6c 0d 0a 43 6f 6e 74 65 6e 74 2d 4c kpml-Content-L

RFC 3261: Content-Length Header (sip.Content-Length), 21 bytes

Obr.9.: SIP protokol - VoIP Zoiper

Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Apply a display filter ... <Ctrl-F>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
39	14.020755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
45	14.228735	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	480	Status: 180 Ringing
66	18.050842	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP/SDP	805	Status: 200 OK
67	18.069575	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
223	21.105399	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
224	21.105742	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
226	21.119716	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	462	Status: 489 Event Package Not Supported

User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984

Allow-Events: presence, kpml

Content-Length: 327

Message Body

- Session Description Protocol
  - Session Description Protocol Version (v): 0
  - Owner/Creator, Session Id (o): Zoiper\_user 0 0 IN IP4 94.113.77.60
  - Session Name (s): Zoiper\_session
  - Connection Information (c): IN IP4 94.113.77.60
  - Time Description, active time (t): 0 0
  - Media Description, name and address (m): audio 8000 RTP/AVP 3 0 8 110 98 101
    - Media Type: audio
    - Media Port: 8000
    - Media Protocol: RTP/AVP
    - Media Format: GSM 06.10
    - Media Format: ITU-T G.711 PCMU
    - Media Format: ITU-T G.711 PCMA
    - Media Format: DynamicRTP-Type-110
    - Media Format: DynamicRTP-Type-98
    - Media Format: DynamicRTP-Type-101
    - Media Attribute (a): rtpmap:3 GSM/8000
    - Media Attribute (a): rtpmap:0 PCMU/8000
    - Media Attribute (a): rtpmap:8 PCMA/8000
    - Media Attribute (a): rtpmap:110 speex/8000
    - Media Attribute (a): rtpmap:98 ilBC/8000
    - Media Attribute (a): fmp:98 mode=30
    - Media Attribute (a): rtpmap:101 telephone-event/8000
    - Media Attribute (a): fmp:101 0-15
    - Media Attribute (a): sendrecv
    - [Generated Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMmMhMDh1MmF1NTQwOWQ.]

0060 61 3a 70 53 49 50 2f 32 2e 30 2f 55 44 50 20 30 a: SIP/2.0/UDP 0

Obr.10.: SDP protokol - VoIP Zoiper

\*Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

rtsp

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
69	8.704575	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	480	Status: 180 Ringing
72	8.989614	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	780	Request: SUBSCRIBE sip:101@192.168.0.178;transport=UDP
73	8.990163	192.168.0.179	192.168.0.179	SIP	462	Status: 489 Event Package Not Supported
74	8.992643	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
75	8.993135	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	489	Status: 405 Method Not Allowed
88	11.410812	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP/SDP	805	Status: 200 OK
89	11.427648	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:102@192.168.0.179;transport=UDP
90	11.459343	192.168.0.178	192.168.0.179	RTP	87	PT=GSM 06.10, SSRC=0x2E46BEE4, Seq=58980, Time=277723522, Mark

▶ Frame 90: 87 bytes on wire (696 bits), 87 bytes captured (696 bits) on interface 0  
 ▶ Ethernet II, Src: IntelCor\_8a:ec:1f (30:3a:64:8a:ec:1f), Dst: IntelCor\_f3:29:4c (00:24:d7:f3:29:4c)  
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.178, Dst: 192.168.0.179  
 ▶ User Datagram Protocol, Src Port: 8000, Dst Port: 5062  
   Source Port: 8000  
   Destination Port: 5062  
   Length: 53  
   Checksum: 0x90e2 [unverified]  
   [Checksum Status: Unverified]  
   [Stream index: 15]  
   ▶ [Timestamps]  
 ▶ Real-Time Transport Protocol  
   ▶ [Stream setup by SDP (frame 68)]  
     [Setup frame: 68]  
     [Setup Method: SDP]  
     [Generated Call-ID: MjzjMTIjMTIzNDgwMTA3MDhjM2wM12E2MGF1ZD11ZjM.]  
     10... .. = Version: RFC 1889 Version (2)  
     ..0. .... = Padding: False  
     ...0 .... = Extension: False  
     ... 0000 = Contributing source identifiers count: 0  
     1... .... = Marker: True  
     Payload type: GSM 06.10 (3)  
     Sequence number: 58980  
     [Extended sequence number: 58980]  
     Timestamp: 277723522  
     Synchronization Source identifier: 0x2e46bee4 (776388324)  
     Payload: d6e0d32172502049246dc72358c0370c8e38dd642056a3b1...

0000 00 24 d7 f3 29 4c 30 3a 64 8a ec 1f 00 00 45 00 -\$.-.)L0: d----E-

wireshark\_Wi-Fi\_20191220155045\_a22660.pcapng

Packets: 1

Obz.11.: RTP protokol - VoIP Zoiper



## **Přístroje použité při měření laboratorní úlohy**

SW VoIP telefon Zoiper, SW VoIP telefon X-lite a počítač s nainstalovaným programem Wireshark pro analýzu získaných dat.

## **Závěr měření**

V závěru měření každý student zhodnotí jednotlivé body měření podle pokynů v zadání laboratorní úlohy. Každý student také okomentuje získaná data z analýzy v programu Wireshark. Odpoví na jednotlivé otázky a uvede také problémy, které při měření laboratorní úlohy nastaly. Všechny naměřené hodnoty z programu Wireshark si studenti uloží a následně využijí při vypracování protokolu. Je zbytečné do protokolu vkládat všechna data z programu Wireshark, proto daný student musí vybrat jen ty, co souvisí se sestavením spojení, anebo se závěrečnými otázkami.

## **Kontrolní otázky**

1. Proč se hlavně využívá protokol SIP?
2. Popište komunikaci v SIP?
3. Na jakém portu vysílá SIP?
4. Na jaké vrstvě TCP/IP pracuje protokol RTP?
5. Protokol RTP slouží pro přenos jakého typu dat?

## **Odpovědi na kontrolní otázky**

1. Je to nejrozšířenější protokol pro VoIP komunikaci
2. Komunikace probíhá pomocí žádostí a odpovědí. Pro navázání hovoru se používá zpráva INVITE. Po navázání hovoru probíhá RTP komunikace a k ukončení hovoru se používá zpráva BYE.
3. SIP vysílá na portu 5060
4. RTP pracuje na aplikační vrstvě TCP/IP
5. RTP slouží pro přenos audio a video dat pomocí protokolu UDP

### **Použitá a doporučená literatura**

- [1] ČÍKA, P. Multimediální služby. FEKT, Brno 2012. s. 1-129. ISBN:978-80-214-4443-0 (cs)
- [2] ŠILHAVÝ, P. Telekomunikační a informační systémy, FEKT, Brno 2014. s. 1-140. (cs)
- [3] ČÍKA, P. Přenos a komprese audio/video dat pro integrovanou výuku VUT a VŠB-TUO, FEKT, Brno 2014. s. 1-85. ISBN:978-80-214-5061-5. (cs)
- [4] ŠKORPIL, V. Přístupové a transportní sítě, FEKT, Brno 2012. s. 1-125. ISBN: 978-80-214-4457-7. (cs)

## Příloha 4 – Manuál pro vyučující /studenty

Přístupové a transportní sítě

Laboratorní úloha

Testování komunikace v privátní síti se zátěží a bez zátěže

Pro laboratorní úlohu Testování komunikace v privátní síti se zátěží a bez zátěže je zvolen program Wireshark, který umožňuje analýzu protokolů a paketů v síti. Dokáže také vyfiltrovat jednotlivé protokoly a zobrazit grafy. Tato laboratorní úloha je realizována v SW prostředí s využitím virtual boxu, kde jsou nainstalovány a nakonfigurovány dvě SW ústředny FreePBX.

### **Teoretický úvod**

VoIP (Voice over Internet Protocol) ve velké míře v malých a středních firmách nahradila analogové telefony. Tato technologie přenáší hlas pomocí paketů v digitální formě prostřednictvím protokolů TCP (Transmission Control Protocol) a UDP (User Datagram Protocol). VoIP využívá buď sadu protokolů H.323 a signalizační protokol SIP (Session Initiation Protocol) s přenosovým protokolem RTP (Real-time Transport Protocol). Při VoIP komunikaci musí být zajištěna QoS (Quality of Service). Kodek G.711 je nejjednodušší a nejrozšířenější standard pro digitalizaci zvuku. Pro kódování využívá logaritmickou kompresi. Vzorkovací frekvence je 8 kHz s rozlišením 8 bitů. Přenosová rychlost je 64 kbit/s. Nevýhodou je jeho neúspornost pro přenosovou rychlost. Kodek G.722 je standardizovaný proprietární širokopásmový kodek, který se používal v telefonních linkách. Využíván je od roku 1988 a od roku 2008 mu vypršela licence a je tak volně ke stažení. Využívá šířku pásma pro kódování zvuku od 50 Hz do 7 kHz se vzorkovací frekvencí 16 kHz s přenosovou rychlostí 48,56 a 64 kbit/s.

IAX (Inter Asterisk eXchange) je transportní protokol, který vymyslela firma Digium, aby zajistil komunikaci mezi servery Asterisk. Tím, že se jedná o otevřený protokol, může se použít i v různých aplikacích, čehož využívají výrobci pro své IP telefony.

Tento protokol využívá jeden port UDP většinou 4569 a to pro signalizaci tak i pro hlasová data.

SW VoIP telefon X-Lite vlastní firma CounterPath, je to softwarový klient, který je ekvivalentem hardwarového telefonu v počítačovém rozhraní. Pro komunikaci využívá protokol SIP. X-Lite může využívat pro svůj provoz internet, VoIP poskytovatele nebo podnikové LAN (Local Area Network). Jednou z výhod tohoto softwarového telefonu je podpora mnoha kodeků, možnost konferenčních hovorů a jejich nahrávání a video hovory. Je podporován jak u operačních systémů Windows, tak operačních systémů MAC OS X.

Zoiper je softwarový VoIP telefon, který využívá komunikační protokoly SIP, IAX a H323. Je volně ke stažení se základními funkcemi. Tento telefon se hodí jak pro koncové uživatele, tak pro poskytovatele služeb, call centra i malé firmy.

MicroSIP je softwarový SIP softphone primárně určený pro Windows. Je založen na PJSIP stacku díky kterému tento VoIP telefon dokáže realizovat kvalitní VoIP hovor.

### **1) Konfigurace ústředěn a laboratorní úlohy**

*Poznámka: Jednotlivé klapky na softwarové telefony volte tak, aby byly uloženy na jiné ústředně, pokud vyučující nezvolí nastavení jinak.*

V prvním kroku zapnete oba počítače. Na PC 1 a PC 2 spustíte program VirtualBox, ve kterém je nahrána virtuální ústředna FreePBX.

Ve druhém kroku spustíte tyto virtuální ústředny. Po naběhnutí systému virtuálních ústředěn zadáte uživatelské jméno „root“ a heslo „Studentvut123456“. Tyto přihlašovací údaje jsou totožné pro obě virtuální ústředny. Ve třetím kroku, po přihlášení, se zobrazí informace o systému a IP adresa ústředny. Tuto IP adresu si poznamenejte a přepište ji do webového prohlížeče (nekládejte do prohlížeče Firefox a Google Chrome), který je nainstalován na počítačích pozn. ne ve virtuálním prostředí, virtuální prostředí slouží jako terminál.

Zadaná IP adresa je ve formátu: http://X.X.X.X. Po zadání této adresy se zobrazí menu, kde jsou čtyři ikony. Přihlášení jako FreePBX Administration, User Control Panel, Operator Panel a Get Support. Klikněte na ikonu FreePBX Administration, po kliknutí se

zobrazí tabulka s přihlašujícími údaji username a password. Přihlašovací údaje jsou username: student1234 a password: student1234. V horní liště záložek klikněte na záložku Applications a vyberte položku Extensions. Po zobrazení menu klikněte na položku SIP [chan\_pjsip] Extensions. Po zobrazení nabídky vyberte položku +Add New SIP [chan\_pjsip] Extension. Zobrazí se několik řádků s nastavením. Vyplňte položku User Extension, do které zadáte pro první ústřednu číslo 100 a pro druhou ústřednu číslo 200. Tyto čísla zadáte i do položky Display Name a do položky Secret a Password For New User zadejte heslo student1234. V položce Language Code vyberte možnost Czech. Po tomto nastavení klikněte na ikonu Submit vpravo dole, která je hned vedle ikony Reset. Pro uložení celkového nastavení klikněte na ikonu Apply Config, která je červeně označená vpravo nahoře. Tím se veškeré vaše nastavení uloží. Tento postup registrace uživatele opakujte pro druhou ústřednu, jen s tím rozdílem, že zadáte jiné číslo pro telefonní klapku. Hesla a jazyk nastavte stejně jako v předchozím případě. Tyto čísla si ovšem poznamenejte, protože se později budou vkládat do softwarových telefonů. Pozn. na ústředně 1 nastavte například čísla 100, 101 a na ústředně 2 nastavte čísla 200 a 201.

Ve chvíli, kdy budete mít nastavená čísla na ústřednách, zapněte si program Wireshark a spusťte zachytávání paketů. To uděláte tak, že spustíte program Wireshark a kliknete na aktivní síťovou kartu a necháte program běžet. Je to z toho důvodu, aby se mohla zachytit komunikace mezi dvěma ústřednami, která se bude v následujícím kroku nastavovat. Pro nastavení komunikace mezi dvěma ústřednami klikněte na záložku Connectivity a vyberete položku Trunks. Po načtení klikněte na ikonu +AddTrunk a z ní vyberte možnost +Add IAX2 Trunk. Po vybrání této možnosti se zobrazí nastavení pro IAX trunk. V záložce General vyplníte položka Trunk Name. Pojmenujte ji například jako AsteriskTrunk a to v nastavení obou ústředen. Dále zaklikněte záložku iax2 Settings a vyplníte záložku Outgoing do položky Trunk Name napíšete pbx1 a pro ústřednu 2 napíšete pbx2.

Položku PEER Details vyplníte pro první ústřednu pbx 1 následujícím způsobem:

```
username=pbx1
fromuser=pbx1
type=peer
secret=student1234
qualify=yes
host=x.x.x.x – zde záleží jaká je IP adresa druhé ústředny pbx2
context=from-trunk
```

Do položky Incoming pro první ústřednu pbx1 vložte:

Do položky USER Context napište pbx2 a do sekce USER Details vložte následující:

```
type=user
secret=student1234
host=x.x.x.x – zadejte IP adresu druhé ústředny pbx2
context=from-trunk
qualify=yes
```

Nastavení druhé ústředny bude obdobné. V sekci iax2 Settings v položce Outgoing napište do Trunk Name pbx2 a sekci PEER Details vyplníte následujícím způsobem:

```
username=pbx2
fromuser=pbx2
type=peer
secret=student1234
qualify=yes
host=x.x.x.x –IP adresa první ústředny pbx 1
context=from-trunk
```

Po nastavení sekce Outgoing překlikněte dále do sekce Incoming, kde v položce USER Context napišete pbx1 a položku USER Details vyplníte následujícím způsobem:

```
type=user
secret=student1234
host=x.x.x.x –IP adresa první ústředny pbx1
context=from-trunk
qualify=yes
```

Po tomto nastavení klikněte opět na ikonu Submit, počkejte, až se nastavení zpracuje a poté toto nastavení uložte opět pomocí červené ikony Apply Config vpravo nahoře. V posledním kroku se nastaví komunikace mezi ústřednami, kde se nadefinují odchozí cesty. Klikněte na ikonu Connectivity, kde vyberete položku Outbound Routes. Po načtení ikony se objeví ikonka +Add Outbound Route. Vypište do sekce Route Name například path\_to\_pbx2. Potom u ikony Trunk Sequence for Matched Routes rozklikněte nabídku a vyberte nadefinovaný IAX trunk AsteriskTrunk. Stejně to udělejte i na druhé ústředně. Po tomto nastavení klikněte na ikonu Dial Patterns, která je hned vedle ikonky Route Settings a do sekce match pattern vypište pro obě ústředny „X.“ tím zajistíte předávání klapek mezi ústřednami. Opět klikněte na ikonu Submit počkejte, až se stránka načte a nastavení uložte opět kliknutím na červenou ikonu Apply Config. Tím se veškeré nastavení uloží. Tímto je konfigurace ústřednen nastavena.

### **Volitelný krok pro povolení video hovoru**

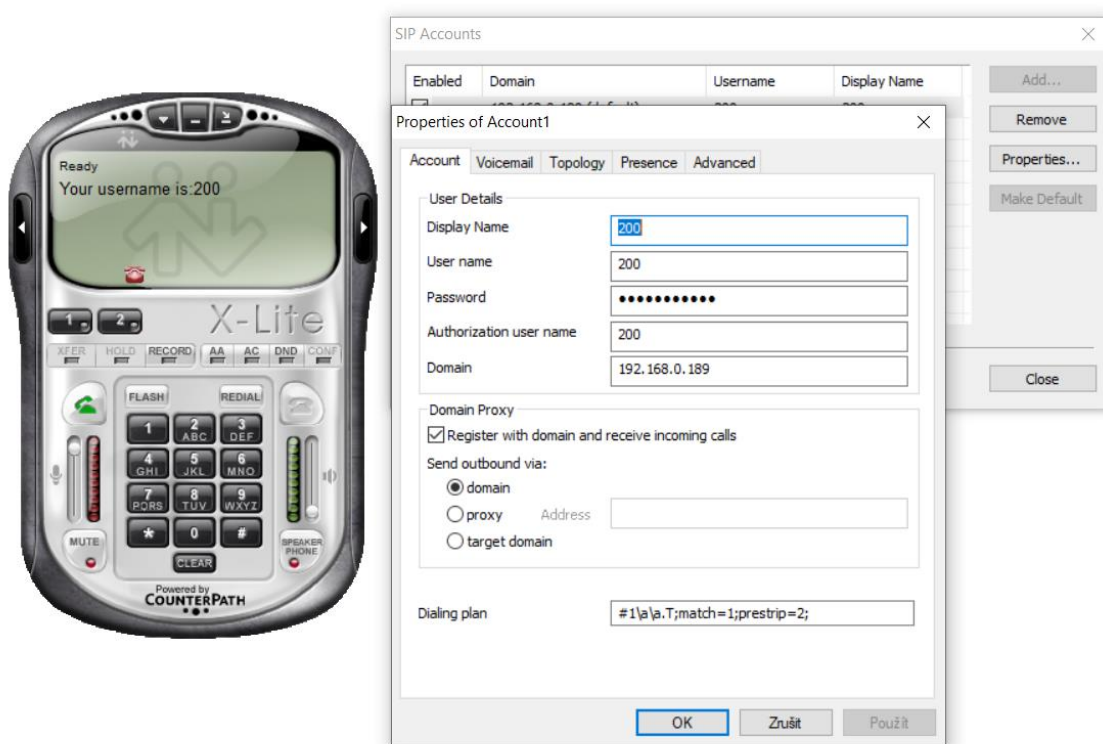
V záložce Settings klikněte na možnost Asterisk IAX Settings. Po načtení přepněte do záložky Codec Settings a dole v sekci Enable Video Support zaklikněte možnost Yes. Po nastavení klikněte na ikonu Submit a poté opět na červenou ikonku Apply Config. Tím se povolí video hovor na IAX. V zobrazené nabídce jsou kodeky, které Asterisk povoluje. Ty ponecháte beze změn.

Poté opět klikněte na ikonu Settings a v zobrazené nabídce klikněte na možnost Asterisk SIP Settings. V sekci General SIP Settings, která se objeví hned po rozkliknutí Asterisk SIP Settings, srolujte na konec stránky a v sekci Video Support klikněte na ikonu Enabled. Dále klikněte na ikonu Submit a poté opět na červenou ikonku Apply Config. V zobrazené ikoně se opět objeví podporované video kodeky, které se nechají nezměněné. Tímto je povolen video hovor.

## 2) Konfigurace VoIP telefonů

### Nastavení telefonu X-lite

Otevřete si softwarový telefon X-lite na ploše počítače. V horní liště telefonu rozklikněte ikonku vlevo nahoře a vyberte možnost SIP Account Settings. Zobrazí se tabulka, kde se vybere na pravé straně možnost Add. Zobrazí se nové okno Properties of Account1, kde vyplníte Display Name 200, User Name 200, Password student1234 a do sekce Domain vyplníte IP ústředny, na které máte toto číslo zaregistrované. V sekci Authorization user name vypíšete opět číslo 200 a v sekci Domain Proxy zakliknete políčko Domain. Po tomto nastavení klikněte na tlačítko použít a po načtení na tlačítko ok. Stejným způsobem vyplníte údaje i na druhém počítači. Tím máte telefonní klapku na X-litu nastavenou. Bližší nastavení VoIP X-Lite je vidět na obrázku níže.



Obr 1.: Nastavení VoIP X-Lite



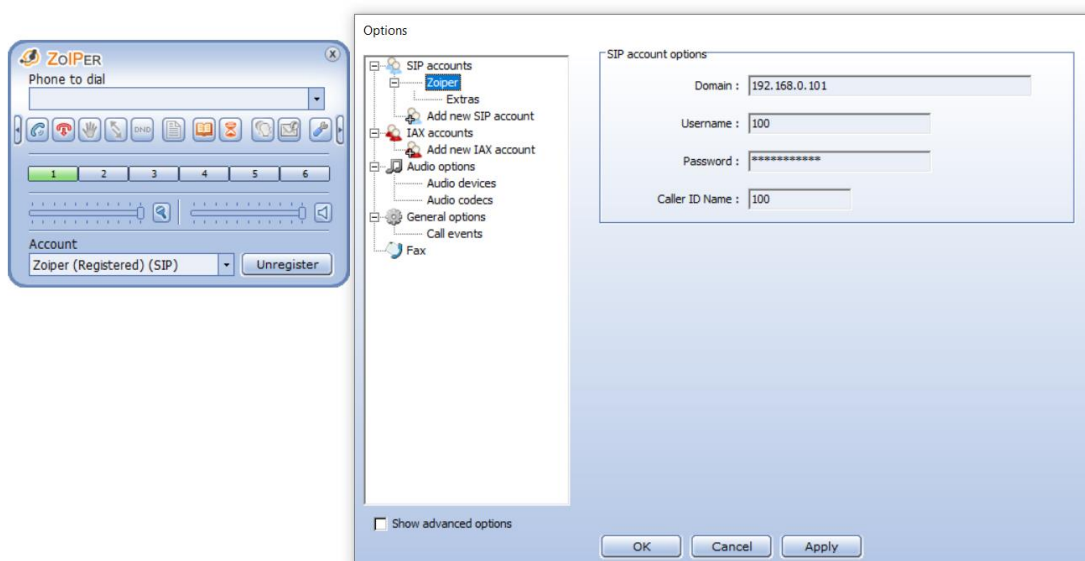
## Nastavení telefonu Zoiper

Otevřete si softwarový telefon Zoiper na ploše počítače. Rozklikněte si ikonku options. Zobrazí se karta s nastavením. Na levé straně je nabídka s možností Add new SIP account. Zobrazí se ikona Add new SIP account s položkou Name, do které vypíšete číslo klapky například 100.

Pozn.: Číslo klapky musí být samozřejmě zaregistrované na dané ústředně.

Po kliknutí na ikonku ok se zobrazí nová stránka s nastavením Domain, Username, Password, Caller ID Name. V sekci Domain se napíše IP adresa dané ústředny, kde je klapka zaregistrována. V sekci Username napište opět číslo klapky a do sekce Password napište student1234, v sekci Caller ID Name dejte opět číslo klapky. Po sepsání nastavení klikněte na ikonu Apply a potom na ikonu OK. Po potvrzení ikonky ok je telefon Zoiper nastaven.

Bližší nastavení VoIP Zoiper je vidět na obrázku níže.



Obr 2.:Nastavení VoIP Zoiper

### **Nastavení telefonu MicroSIP**

Otevřete si softwarový telefon MicroSIP na ploše počítače. Po spuštění MicroSIP klikněte na ikonku šipky, která je vpravo nahoře hned pod tlačítkem zavřít. Zde zvolte možnost Přidat účet.

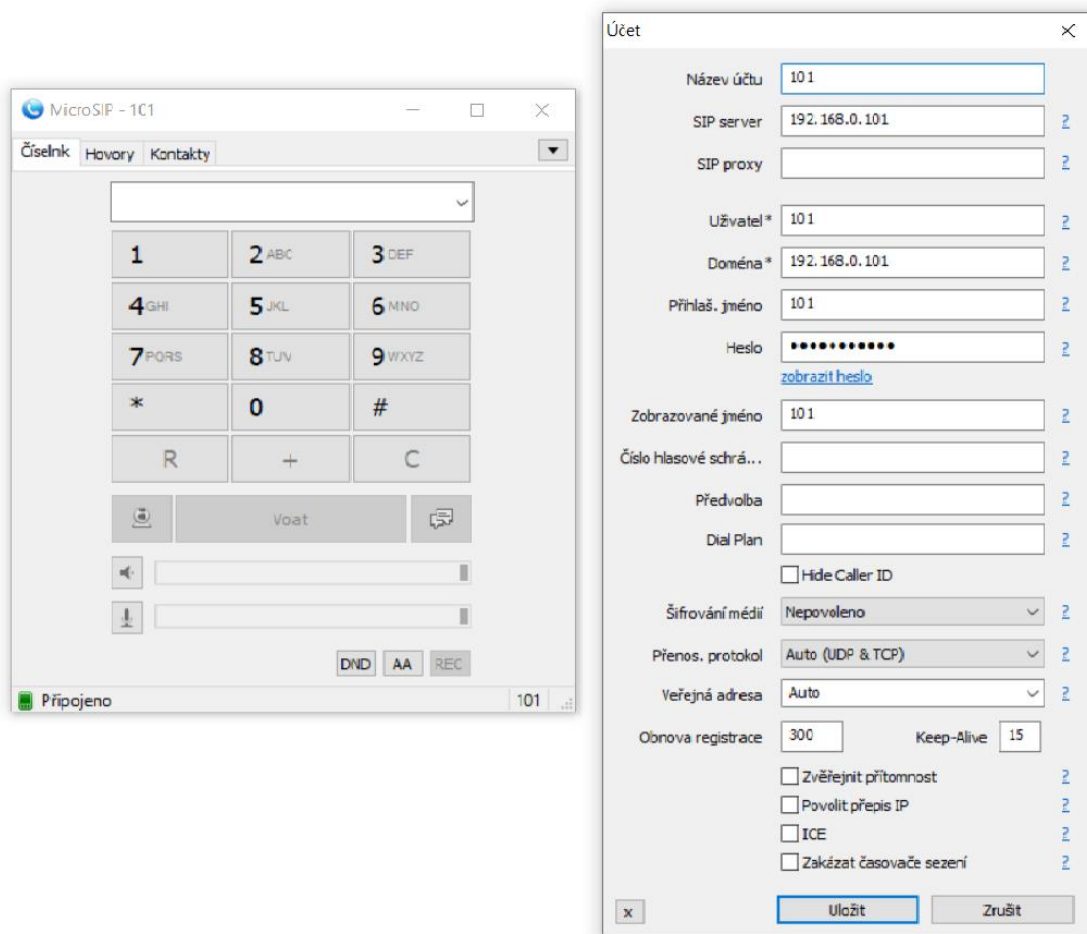
Objeví se okno, kde vyplníte položky:

název účtu, kde napíšete číslo klapky například 101 v sekci SIP server napíšete IP adresu zvolené ústředny SIP proxy nevyplňujte
--

Do políčka Uživatel\* zadejte opět číslo klapky a do pole Doména\* zadáte IP adresu zvolené ústředny. Přihlašovací jméno zvolte opět číslo klapky a jako heslo zvolte student1234. Do sekce Zobrazované jméno napište číslo klapky. Po tomto nastavení klikněte na možnost uložit. Telefon MicroSIP je tímto nastaven.

Po nastavení všech telefonů zastavte program Wireshark a vyhledejte v něm moment, kdy se zaregistrovali ústředny. Tento výsledek si uložte a na konci uměření ukažte vyučujícímu. Vše si ukládejte do jedné složky, kterou vhodně pojmenujte.

Bližší nastavení VoIP MicroSIP je vidět na obrázku níže.



Obr 3.:Nastavení VoIP MicroSIP

### 3) Sestavení audio hovoru a videohovoru

Měření bude rozděleno do několika částí. V první části bude realizováno měření v rámci jedné ústředny. V druhé části bude měření realizováno v rámci dvou ústředen a ve třetí části bude realizováno měření bez zatížení a měření se zatížením. Délka hovoru bude nastavena na tři minuty nebo třicet sekund.

První část bude probíhat v rámci jedné ústředny bez zatížení. Spustíte si program Wireshark a necháte ho analyzovat síťový provoz. Na softwarovém telefonu X-lite si zavoláte druhý telefon X-lite, který máte na druhém počítači. Budete si volat po dobu třiceti sekund. Po třiceti sekundách hovor vypnete a zastavíte i program Wireshark, ve kterém si výsledky uložíte. Podívejte se při každém měření, co Wireshark zachytil. Pokud máte na ústřednách povolený video hovor viz. volitelný krok, může být proveden i video hovor. Tento krok opakujte jen s tím rozdílem, že na obou počítačích budete stahovat

torentové soubory uložené na PC1. Spustíte video, které je k dispozici na internetu. Soubory, které stahujete, by měli být pokaždé při daném měření stejné. Vše opět sledujte ve Wiresharku a výsledky si uložte. Stejným způsobem můžete proměřit i hovor mezi různými softwarovými telefony jako například X-lite a Zoiper, Zoiper a MicroSIP, MicroSIP a X-lite atd. Zaznamenejte si i kvalitu zvuku a případně i kvalitu videa. Na konci měření vyhodnoťte, který z telefonů měl nejlepší přenos.

Ve druhé části bude komunikace probíhat v rámci obou ústředí. Princip bude stejný, bude se opět měřit bez zatížení a se zatížením po dobu třiceti sekund. V rámci volání mezi ústřednami využijte pouze hovor nikoliv video hovor. Volejte si v rámci dvou stejných i rozdílných telefonů a to pokaždé, jak se zatížením, tak bez zatížení a všechny hovory sledujte v programu Wireshark. Opět si v průběhu zaznamenejte kvalitu hovoru a napište si, který telefon měl nejlepší kvalitu hovoru, a porovnejte je s kvalitou hovoru v rámci jedné ústředny z předchozího měření. Celkově kvalitu hovoru srovnáte v závěru protokolu.

Všechny naměřené hodnoty, které jste si ukládali ve Wiresharku můžete zpracovat ve škole anebo na domácím počítači, pokud máte nainstalovaný Wireshark. Program Wireshark nabízí možnost zpracování grafů, což je obrovská výhoda, neboť nebudete muset zpracovávat tyto hodnoty v programu excel. Vše, co potřebujete, vám Wireshark vyhodnotí a v tabulkách ukáže. V závěru protokolu zhodnoťte, jaký protokol používají dané softwarové telefony, jaké bylo zpoždění, jaká byla kvalita hovoru a to vše srovnajte v rámci jedné ústředny a dvou ústředí bez zátěže i se zátěží. Všechny důležité informace získáte ve Wiresharku v ikoně Telephony. V této ikoně se zobrazí jako VoIP calls a SIP Flows. Zde jsou uvedeny důležité informace, které při zpracování závěru využijete případně na konci měření při kontrole vyučujícím. K protokolům, které se využívají pro daný telefon, v závěru napište pár vět o jejich využití a charakteristice.

### **Přístroje použité při měření laboratorní úlohy**

SW VoIP Zoiper, SW VoIP X-lite, SW VoIP MicroSIP, dvě ústředny FreePBX nainstalované ve virtuálním prostředí, PC1 s nainstalovaným programem Wireshark a třemi SW VoIP telephony a PC2, na kterém jsou nainstalovány dvě ústředny FreePBX a tři SW VoIP telephony nainstalované mimo virtuální prostředí.

### **Závěr měření**

V závěru měření každý student zhodnotí jednotlivé body měření podle pokynů v zadání laboratorní úlohy. Každý student také okomentuje získaná data z analýzy v programu Wireshark. Odpoví na jednotlivé otázky a uvede také problémy, které při měření laboratorní úlohy nastaly. Všechny naměřené hodnoty z programu Wireshark si studenti uloží a následně využijí při vypracování protokolu.

### **Kontrolní otázky**

1. Jaký kodek byl použit u audio hovoru a jaký kodek byl použit pro přenos videa ve videohovoru?
2. Co je to VoIP?
3. Co je to QoS?
4. Vysvětlete, co je IAX a co zajišťuje?
5. Hlavní výhody telefonu X-lite
6. Jaké komunikační protokoly využívá softwarový VoIP telefon Zoiper
7. Pro jaký operační systém je primárně určen softwarový telefon MicroSIP

### **Odpovědi na kontrolní otázky**

1. u audio hovoru byl použit kodek G.711 a u video hovoru pro přenos videa kodek H.264
2. VoIP je Voice over Internet Protocol, který slouží k multimediální komunikaci
3. QoS je zkratka Quality of Service, zajišťuje kvalitu služeb
4. IAX (Inter Asterisk eXchange), je transportní protokol, který zajišťuje komunikaci mezi servery Asterisk
5. Podpora mnoha kodeků, možnost konferenčních hovorů a jejich nahrávání a videohovory

6. SIP, IAX a H.323

7. Je určen pro operační systém Windows

**Použitá a doporučená literatura**


[1] ČÍKA, P. Multimediální služby. FEKT, Brno 2012. s. 1-129. ISBN:978-80-214-4443-0 (cs)

[2] ŠILHAVÝ, P. Telekomunikační a informační systémy, FEKT, Brno 2014. s. 1-140. (cs)

[3] ČÍKA, P. Přenos a komprese audio/video dat pro integrovanou výuku VUT a VŠB-TUO, FEKT, Brno 2014. s. 1-85. ISBN:978-80-214-5061-5. (cs)

[4] ŠKORPIL, V. Přístupové a transportní sítě, FEKT, Brno 2012. s. 1-125. ISBN: 978-80-214-4457-7. (cs)

## Příloha 5 - Vzorový protokol

	Předmět      Přístupové a transportní sítě	
	Jméno	
	Ročník	
	Spolupracoval	Měřeno dne
Kontroloval	Hodnocení	
Číslo úlohy	Název úlohy  Analýza provozu VoIP X-Lite a Zoiper	

### **Zadání:**

- 1) Nakonfigurujte VoIP telefon X-Lite dle pokynů v zadání laboratorní úlohy a zobrazte v programu Wireshark příznaky zpráv INVITE, 200 OK, ACK, BYE a 200 OK používané pro přenos v protokolu SIP. Dále zobrazíte protokol RTP.
- 2) Nakonfigurujte VoIP telefon Zoiper dle pokynů zadání laboratorní úlohy a zobrazíte v programu Wireshark příznaky zpráv INVITE, 200 OK, REGISTER, SUBSCRIBE a BYE používané pro přenos v protokolu SIP. Dále také zobrazíte protokol RTP. Popíšete, v čem se liší SIP X-Lite a SIP Zoiper.
- 3) Zobrazte výsledná data a zaznamenejte je do protokolu.
- 4) V závěru ohodnoťte jaký VoIP telefon je nejsnadnější na konfiguraci a který VoIP telefon je naopak nevhodnější pro zachycení přesných dat v programu Wireshark.

## Zobrazená data:

VoIP X – Lite: Zobrazení příznaků zpráv INVITE, 200 OK, ACK, 180 Ringing, BYE,

200 OK

The image shows a Wireshark capture of SIP messages. The packet list pane shows several SIP messages:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
11	1.435648	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
12	1.908860	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
16	2.050094	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	467	Status: 180 Ringing
27	5.243568	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP/SDP	904	Status: 200 OK
44	5.370182	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	497	Request: ACK sip:1002@192.168.0.179:5060
2227	26.344056	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	537	Request: BYE sip:1002@192.168.0.179:5060
2229	26.451121	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	459	Status: 200 OK

The packet details pane shows the following information for the selected packet:

- Destination Port: 5061
- Length: 425
- Checksum: 0x16b1 [unverified]
- Stream index: 2
- Session Initiation Protocol (200)
  - Status-Line: SIP/2.0 200 OK
  - Status-Code: 200
  - [Resent Packet: False]
  - [Request Frame: 2227]
  - [Response Time (ms): 107]
  - [Release Time (ms): 107]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 192.168.0.178:5061;branch=z9hG4bK-d87543-f0374f540b6d855a-1--d87543-;rport=5061
  - Transport: UDP
  - Sent-by Address: 192.168.0.178
  - Sent-by port: 5061
  - Branch: z9hG4bK-d87543-f0374f540b6d855a-1--d87543-RPort: 5061
  - Contact: <sip:1002@192.168.0.179:5060>
  - To: "sip:1002@192.168.0.179:5060" <sip:1002@192.168.0.179:5060>;tag=33213a0e
  - From: "TEST" <sip:1001@192.168.0.178>;tag=05673073
  - Call-ID: M2I4NGIzNmFhNGY2MmUxOXMwZjk2NDI1MjVkd0AyODY.
  - [Generated Call-ID: M2I4NGIzNmFhNGY2MmUxOXMwZjk2NDI1MjVkd0AyODY.]
  - CSeq: 2 BYE
  - Sequence Number: 2
  - Method: BYE
  - User-Agent: X-Lite release 1006e stamp 34025
  - Content-Length: 0

Obr.1.: X-Lite metoda INVITE

The image shows a Wireshark capture of SIP messages, similar to the previous one. The packet list pane shows several SIP messages:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
11	1.435648	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
12	1.908860	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
16	2.050094	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	467	Status: 180 Ringing
27	5.243568	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP/SDP	904	Status: 200 OK
44	5.370182	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	497	Request: ACK sip:1002@192.168.0.179:5060
2227	26.344056	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	537	Request: BYE sip:1002@192.168.0.179:5060
2229	26.451121	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	459	Status: 200 OK

The packet details pane shows the following information for the selected packet:

- Session Initiation Protocol (200)
  - Status-Line: SIP/2.0 200 OK
  - Status-Code: 200
  - [Resent Packet: False]
  - [Request Frame: 111]
  - [Response Time (ms): 3000]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 192.168.0.178:5061;branch=z9hG4bK-d87543-a16214651616ae6a-1--d87543-;rport=5061
  - Transport: UDP
  - Sent-by Address: 192.168.0.178
  - Sent-by port: 5061
  - Branch: z9hG4bK-d87543-a16214651616ae6a-1--d87543-RPort: 5061
  - Contact: <sip:1002@192.168.0.179:5060>
  - Contact URI: sip:1002@192.168.0.179:5060
  - To: "sip:1002@192.168.0.179:5060" <sip:1002@192.168.0.179:5060>;tag=33213a0e
  - SIP Display info: "sip:1002@192.168.0.179:5060"
  - SIP to address: sip:1002@192.168.0.179:5060
  - SIP to tag: 33213a0e
  - From: "TEST" <sip:1001@192.168.0.178>;tag=05673073
  - SIP Display info: "TEST"
  - SIP from address: sip:1001@192.168.0.178
  - SIP from tag: 05673073
  - Call-ID: M2I4NGIzNmFhNGY2MmUxOXMwZjk2NDI1MjVkd0AyODY.
  - [Generated Call-ID: M2I4NGIzNmFhNGY2MmUxOXMwZjk2NDI1MjVkd0AyODY.]
  - CSeq: 1 INVITE
  - Sequence Number: 1
  - Method: INVITE
  - Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, NOTIFY, MESSAGE, SUBSCRIBE, INFO
  - Content-Type: application/sdp

Obr.2.: X-Lite metoda 200 OK



The screenshot shows a Wireshark capture of SIP messages. The packet list pane displays several SIP messages, including INVITE and ACK requests, and 180 Ringing and 200 OK status responses. The packet details pane shows the expanded view of a SIP/2.0 180 Ringing status line, including the Status-Line, Status-Code (180), and Message Header. The Via header is highlighted, showing the transport as UDP and the port as 5061. The message body contains an INVITE request with various SIP headers and a Call-ID.

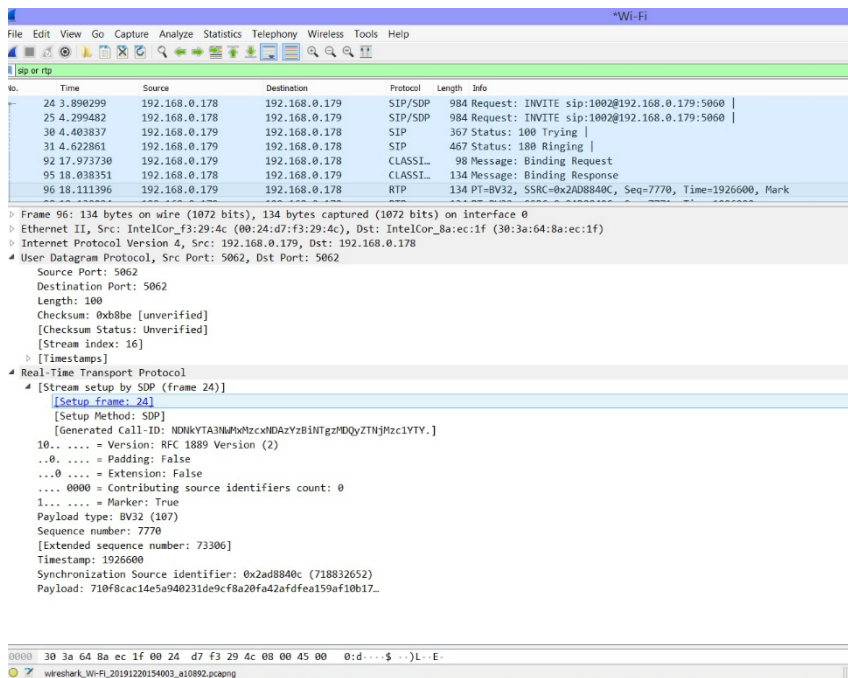
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
11	1.435648	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
12	1.908860	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
16	2.050094	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	467	Status: 180 Ringing
27	5.243568	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP/SDP	904	Status: 200 OK
44	5.370182	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	497	Request: ACK sip:1002@192.168.0.179:5060
2227	26.344056	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	537	Request: BYE sip:1002@192.168.0.179:5060
2229	26.451121	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	459	Status: 200 OK

Obr.3.: X-Lite metoda 180 Ringing

The screenshot shows a Wireshark capture of SIP messages. The packet list pane displays several SIP messages, including INVITE and ACK requests, and 180 Ringing and 200 OK status responses. The packet details pane shows the expanded view of a SIP/2.0 BYE status line, including the Request-Line, Method (BYE), and Message Header. The Via header is highlighted, showing the transport as UDP and the port as 5061. The message body contains a BYE request with various SIP headers and a Call-ID.

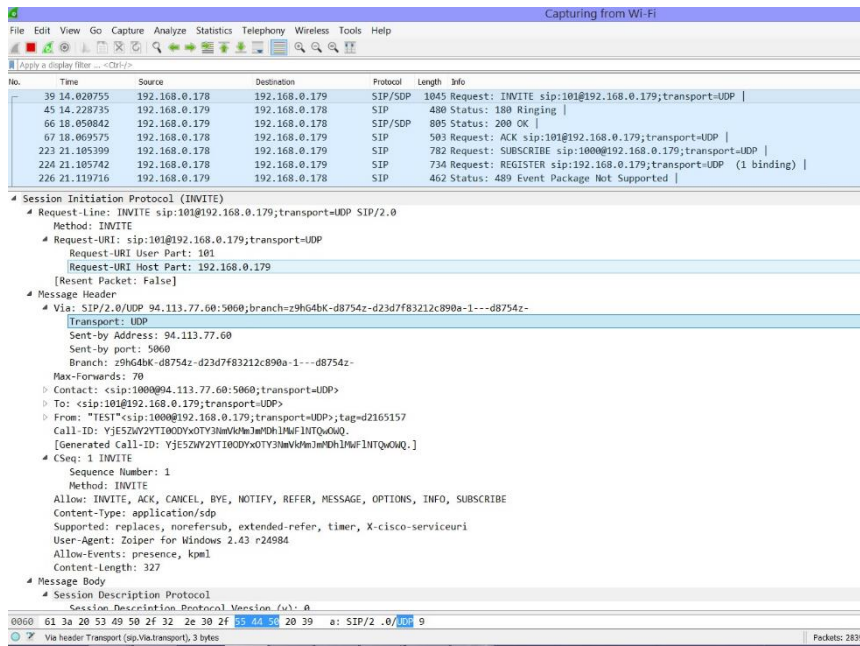
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
11	1.435648	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
12	1.908860	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	984	Request: INVITE sip:1002@192.168.0.179:5060
16	2.050094	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	467	Status: 180 Ringing
27	5.243568	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP/SDP	904	Status: 200 OK
44	5.370182	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	497	Request: ACK sip:1002@192.168.0.179:5060
2227	26.344056	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	537	Request: BYE sip:1002@192.168.0.179:5060
2229	26.451121	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	459	Status: 200 OK

Obr.4.: X-Lite metoda BYE



Obr.5.: X-Lite RTP protokol

## VoIP Zoiper: Zobrazení příznaků INVITE, REGISTER, SUBSCRIBE, ACK a BYE



Obr.6.: Zoiper metoda INVITE

Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Apply a display filter ... <Ctrl-F>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
67	18.069575	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
757	30.271680	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
39	14.028755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
522	26.078473	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
832	56.112792	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1558	86.142752	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1704	116.106199	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)

Length: 699  
Checksum: 0x4939 [unverified]  
[Checksum Status: Unverified]  
[Stream index: 23]  
[Timestamps]

Session Initiation Protocol (REGISTER)

Request-Line: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP SIP/2.0

Method: REGISTER

Request-URI: sip:192.168.0.178;transport=UDP  
Request-URI Host Part: 192.168.0.178  
[Resend Packet: False]

Message Header

Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5061;branch=z9hG4bK-d8754z-d650d7e250a50f55-1---d8754z-  
Transport: UDP  
Sent-by Address: 94.113.77.60  
Sent-by port: 5061  
Branch: z9hG4bK-d8754z-d650d7e250a50f55-1---d8754z-  
Max-Forwards: 70  
Contact: <sip:101@94.113.77.60:5061;rinstance=254db1e8b8ff31a9;transport=UDP>  
To: "test1"<sip:101@192.168.0.178;transport=UDP>  
From: "test1"<sip:101@192.168.0.178;transport=UDP>;tag=df30de07  
Call-ID: ODJ1OGVhYmE0NmJkMGhYjYkY2Q5OTQwMT0ZmlhYzY.  
[Generated Call-ID: ODJ1OGVhYmE0NmJkMGhYjYkY2Q5OTQwMT0ZmlhYzY.]  
CSeq: 1 REGISTER  
Expires: 3600  
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE  
Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, X-cisco-serviceuri  
User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984  
Allow-Events: presence, kpml  
Content-Length: 0

0020 00 b2 13 c5 13 c4 02 bb 49 39 52 45 47 49 53 54 ..... I9REGIS

SIP Method (sip.Method), 8 bytes

Obr.7.: Zoiper metoda REGISTER

Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Apply a display filter ... <Ctrl-F>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3183	381.123776	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
3341	411.154748	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
3454	441.143273	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	734	Request: REGISTER sip:192.168.0.179;transport=UDP (1 binding)
223	21.180399	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
895	51.182636	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
1460	81.154794	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP
1685	111.151024	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	782	Request: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP

[Stream index: 12]  
[Timestamps]

Session Initiation Protocol (SUBSCRIBE)

Request-Line: SUBSCRIBE sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0

Method: SUBSCRIBE

Request-URI: sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP  
Request-URI User Part: 1000  
Request-URI Host Part: 192.168.0.179  
[Resend Packet: False]

Message Header

Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-054b4b11741cc9cb-1---d8754z-  
Transport: UDP  
Sent-by Address: 94.113.77.60  
Sent-by port: 5060  
Branch: z9hG4bK-d8754z-054b4b11741cc9cb-1---d8754z-  
Max-Forwards: 70  
Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>  
To: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>  
From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=134d2c1e  
Call-ID: Yzk4NDU0YmRlMjYkNTAyMEZlNDg0ZDZlOGU3OGUzYTM.  
[Generated Call-ID: Yzk4NDU0YmRlMjYkNTAyMEZlNDg0ZDZlOGU3OGUzYTM.]  
CSeq: 1 SUBSCRIBE  
Expires: 3600  
Accept: application/simple-message-summary  
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE  
Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, X-cisco-serviceuri  
User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984  
Event: message-summary  
Allow-Events: presence, kpml  
Content-Length: 0

0080 35 30 36 30 3b 62 72 61 6e 63 68 3d 7a 39 68 47 5060;bra nch=shd

SIP Via Branch (sip.Via.branch), 43 bytes

Obr.8.: Zoiper metoda SUBSCRIBE

Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Filter: ((ip.addr eq 192.168.0.178 and ip.addr eq 192.168.0.179) and (udp.port eq 5061 and udp.port eq 5060))

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
67	18.069575	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
757	30.271600	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
39	14.020755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
522	26.078473	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
832	56.112792	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1558	86.142752	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1704	116.106199	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)

Destination Port: 5060  
Length: 469  
Checksum: 0x93d0 [unverified]  
[Checksum Status: Unverified]  
[Stream index: 12]  
[Timestamps]

Session Initiation Protocol (ACK)

- Request-Line: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0
- Method: ACK
- Request-URI: sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
  - Request-URI User Part: 101
  - Request-URI Host Part: 192.168.0.179
  - [Resent Packet: False]
  - [Request Frame: 39]
  - [Response Time (ms): 4048]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-28833e5c604f2b12-1---d8754z-  
Transport: UDP  
Sent-by Address: 94.113.77.60  
Sent-by port: 5060  
Branch: z9hG4bK-d8754z-28833e5c604f2b12-1---d8754z-  
Max-Forwards: 70
  - Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>
  - To: <sip:101@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=3157d951
  - From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=d2165157
  - Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMmMhMDh1MmF1NTQwQWQ.  
[Generated Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMmMhMDh1MmF1NTQwQWQ.]
  - CSeq: 1 ACK
  - User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984
  - Content-Length: 0

0000 00 24 d7 f3 29 4c 30 3a 64 8a ec 1f 08 00 45 00 - \$ - ) L0 : d - - - - E .

Wi-Fi: <live capture in progress> Packets: 37

Obr.9.: Zoiper metoda ACK

Capturing from Wi-Fi

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Filter: ((ip.addr eq 192.168.0.178 and ip.addr eq 192.168.0.179) and (udp.port eq 5061 and udp.port eq 5060))

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
67	18.069575	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: ACK sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
757	30.271600	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP	503	Request: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
39	14.020755	192.168.0.178	192.168.0.179	SIP/SDP	1045	Request: INVITE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
522	26.078473	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
832	56.112792	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1558	86.142752	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)
1704	116.106199	192.168.0.179	192.168.0.178	SIP	733	Request: REGISTER sip:192.168.0.178;transport=UDP (1 binding)

User Datagram Protocol, Src Port: 5060, Dst Port: 5060  
Source Port: 5060  
Destination Port: 5060  
Length: 469  
Checksum: 0x2b63 [unverified]  
[Checksum Status: Unverified]  
[Stream index: 12]  
[Timestamps]

Session Initiation Protocol (BYE)

- Request-Line: BYE sip:101@192.168.0.179;transport=UDP SIP/2.0
- Method: BYE
- Request-URI: sip:101@192.168.0.179;transport=UDP
  - Request-URI User Part: 101
  - Request-URI Host Part: 192.168.0.179
  - [Resent Packet: False]
- Message Header
  - Via: SIP/2.0/UDP 94.113.77.60:5060;branch=z9hG4bK-d8754z-1e72d41b0e5ada0d-1---d8754z-  
Transport: UDP  
Sent-by Address: 94.113.77.60  
Sent-by port: 5060  
Branch: z9hG4bK-d8754z-1e72d41b0e5ada0d-1---d8754z-  
Max-Forwards: 70
  - Contact: <sip:1000@94.113.77.60:5060;transport=UDP>
  - To: <sip:101@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=3157d951
  - From: "TEST"<sip:1000@192.168.0.179;transport=UDP>;tag=d2165157
  - Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMmMhMDh1MmF1NTQwQWQ.  
[Generated Call-ID: YjE5ZWY2YTI0ODYxOTY3NmVhMmMhMDh1MmF1NTQwQWQ.]
  - CSeq: 2 BYE
  - User-Agent: Zoiper for Windows 2.43 r24984
  - Content-Length: 0

0000 00 24 d7 f3 29 4c 30 3a 64 8a ec 1f 08 00 45 00 - \$ - ) L0 : d - - - - E .

Wi-Fi: <live capture in progress> Packets: 37

Obr.10.: Zoiper metoda BYE


## **Závěr:**

V laboratorní úloze Analýza provozu VoIP X-Lite a Zoiper jsme v první části úlohy měli nakonfigurovat VoIP telefon X-Lite dle pokynu v zadání. Pomocí programu Wireshark jsme si zobrazili příznaky zpráv Invite, 200 OK, ACK, BYE, 200 OK. Během analýzy jsme potvrdili, že telefon X-Lite zobrazuje tyto příznaky zpráv. Pro metodu Invite jsou nejdůležitější hodnoty Request Frame: 2227,

Response Time: 107 ms, číslo portu: 5061. Celou komunikaci zajišťuje transportní protokol UDP. Během analýzy metody 200 OK jsou nejdůležitější Request Frame: 11, Response Time: 3808 ms, číslo portu 5061 a přenos zajišťuje protokol UDP. Pro metodu 180 Ringing jsme zjistili, že Request Frame je stejný jako v předchozí metodě 200 OK, Response Time je 615 ms, číslo portu je stejné jako v předchozí metodě a transport opět probíhá přes UDP. U metody BYE lze zjistit pouze adresu 192.168.x.x, číslo portu 5061 a protokol UDP. V poslední části analýzy telefonu VoIP X-Lite jsme měli zachytit přenos RTP. Zjistili jsme, že se Setup frame je 24, nastavení streamu se provádí pomocí protokolu SDP. V druhé části úlohy jsme měli za úkol nakonfigurovat VoIP telefon Zoiper dle zadání a zobrazit příznaky zpráv v programu Wireshark. Zjistili jsme, že v metodě Invite lze najít daleko méně informací než v metodě Invite pro telefon X-Lite. V této metodě je port 5060, protokol UDP, Max-Forwards: 70. V metodě Register jsme zachytili Max-Forwards 70, port 5061 a protokol UDP. V metodě Subscribe jsme našli číslo portu 5060, Max-Forwards 70 a protokol UDP.

V metodě ACK je Max-Forwards 70, port 5060, protokol UDP, Request Frame 39 a Response Time je 4048 ms. V metodě BYE je číslo portu 5060, Max-Forwards 70 a protokol UDP. V závěru jsme měli zhodnotit používání jednotlivých VoIP telefonů a odchyťování dat v programu Wireshark. Pro analýzu dat byl nejvhodnější VoIP telefon X-Lite, neboť se v programu Wireshark dala zachytit veškerá jeho komunikace protokolem SIP.

## Příloha 6 - Vzorový protokol

	Předmět      Přístupové a transportní síť	
	Jméno	
	Ročník	
	Spolupracoval	Měřeno dne
Kontroloval	Hodnocení	
Číslo úlohy	Název úlohy  Testování komunikace v privátní síti se zátěží a bez zátěže	

### **Zadání:**

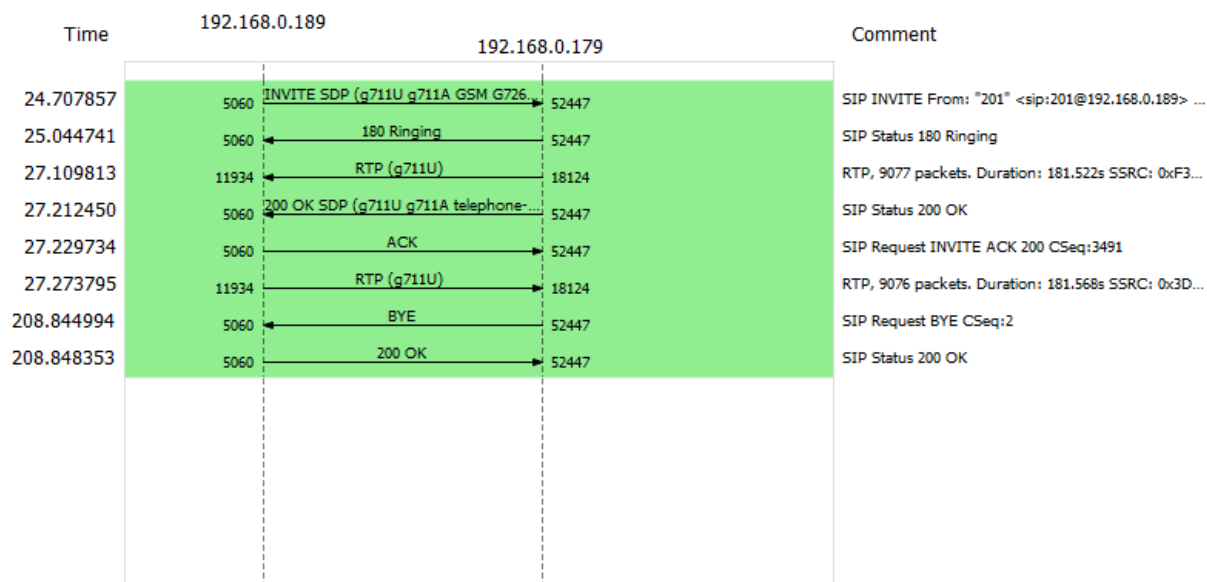
- 1) Nakonfigurujte obě ústředny FreePBX umístěné ve virtuálním prostředí.
- 2) Nakonfigurujte VoIP telefony Zoiper, X-Lite a MicroSIP dle pokynů zadání laboratorní úlohy. Uskutečňte hovory mezi jednotlivými telefony dle pokynů v rámci jedné ústředny a v rámci obou ústředen.
- 3) Zobrazte výsledná data z programu Wireshark a zaznamenejte je do prokolu a sestavte přehledné tabulky, kde uvedete, pro každý SW VoIP telefon, kodek, počet paketů, ztráta paketů, zpoždění a jitter .
- 4) V závěru ohodnoťte jaký VoIP telefon měl nejlepší kvalitu hovoru a okomentujte vzniklé průběhy a data.



## Vyhodnocení výsledků z programu Wireshark

### Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení:

Telefony X-lite X-lite

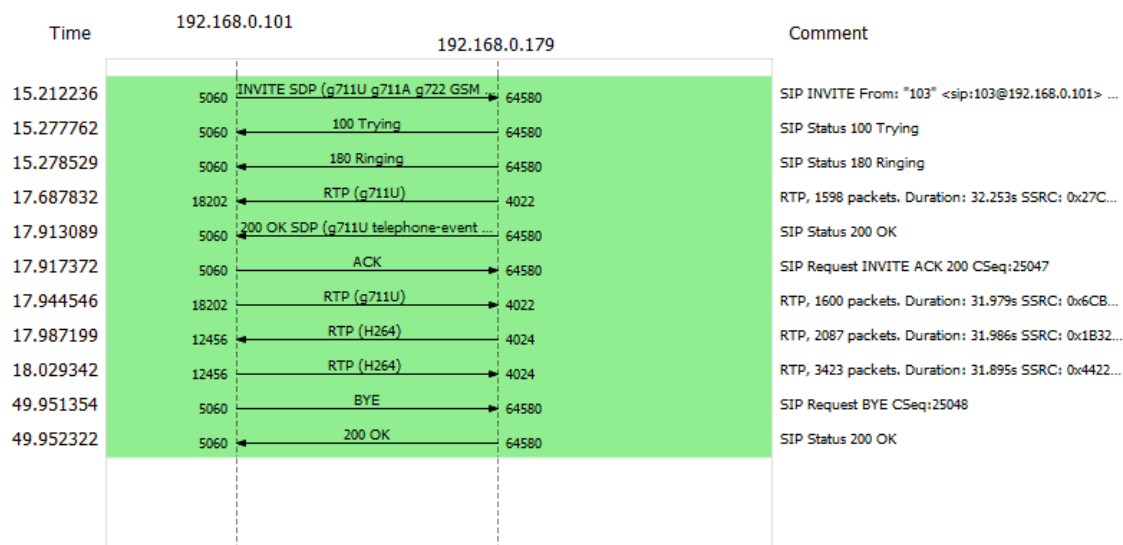


Obr. 1: zobrazení zahájení a ukončení komunikace softwarových telefonů X-lite a X-lite v rámci jedné ústředny bez zatížení

Tab. 1: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefonů X-lite a X-lite, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. X-lite účastník	G.711U	9077	0	31,222	3,332
2. X-lite účastník	G.711U	9076	4	750,275	67,030

## Telefony MicroSIP a MicroSIP

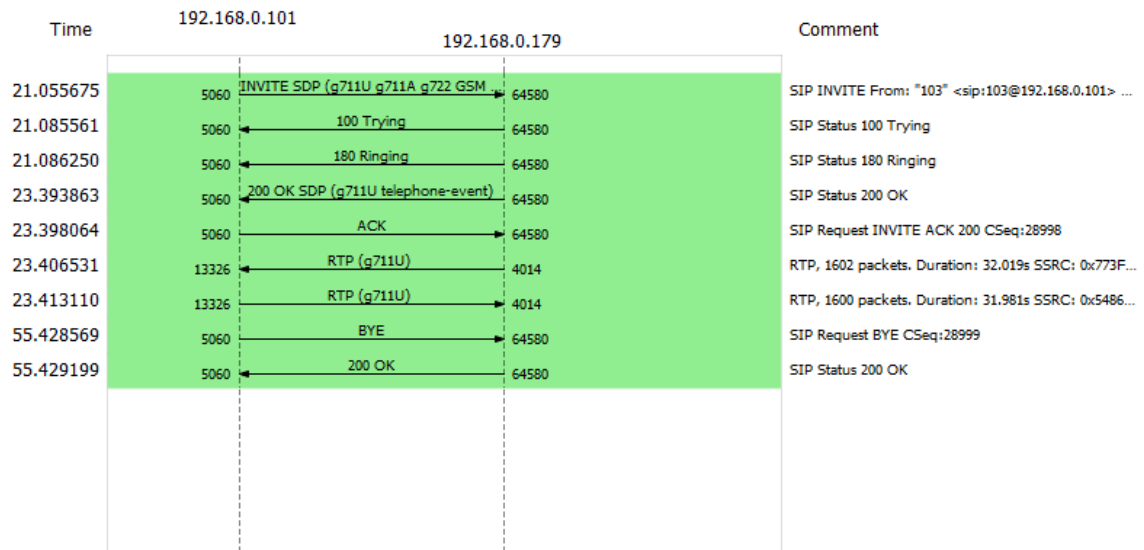


Obr.2: Zobrazení zahájení a ukončení hovoru v rámci jedné ústředny bez zatížení s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP, s video hovorem

Tab. 2: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefony MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	H.264	3423	0	110,42	11,361
1. MicroSIP účastník	G.711U	1600	0	68,616	6,082
2. MicroSIP účastník	H.264	2087	0	134,807	12,122
2. MicroSIP účastník	G.711U	1598	0	325,464	19,896





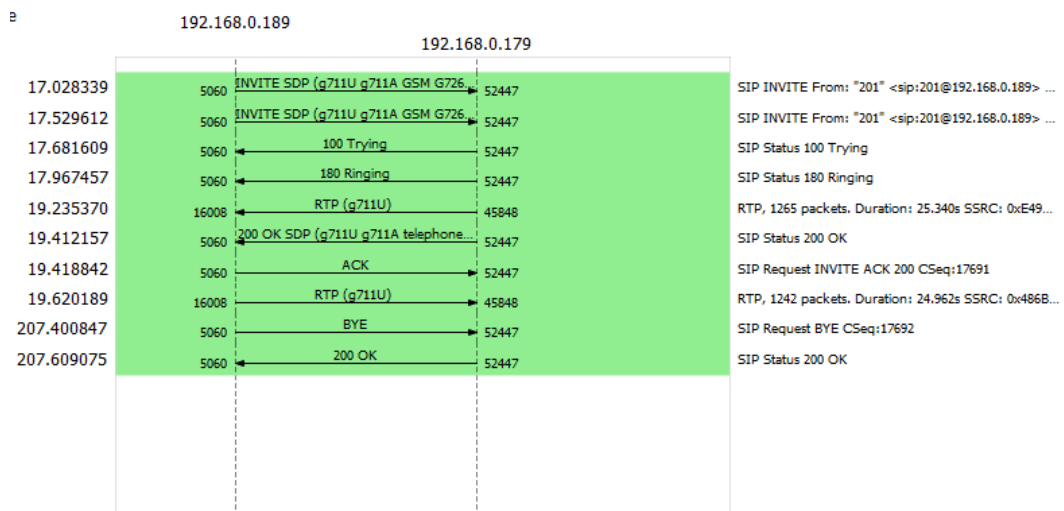
Obr. 3: komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP bez video hovoru

Tab. 3: Volání v rámci jedné ústředny bez zatížení telefony MicroSIP a MicroSIP, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	G.711U	1600	0	270,206	18,549
2. MicroSIP účastník	G.711U	1602	0	30,935	2,331

## Volání v rámci jedné ústředny se zatížením:

Telefony X-lite a X-lite

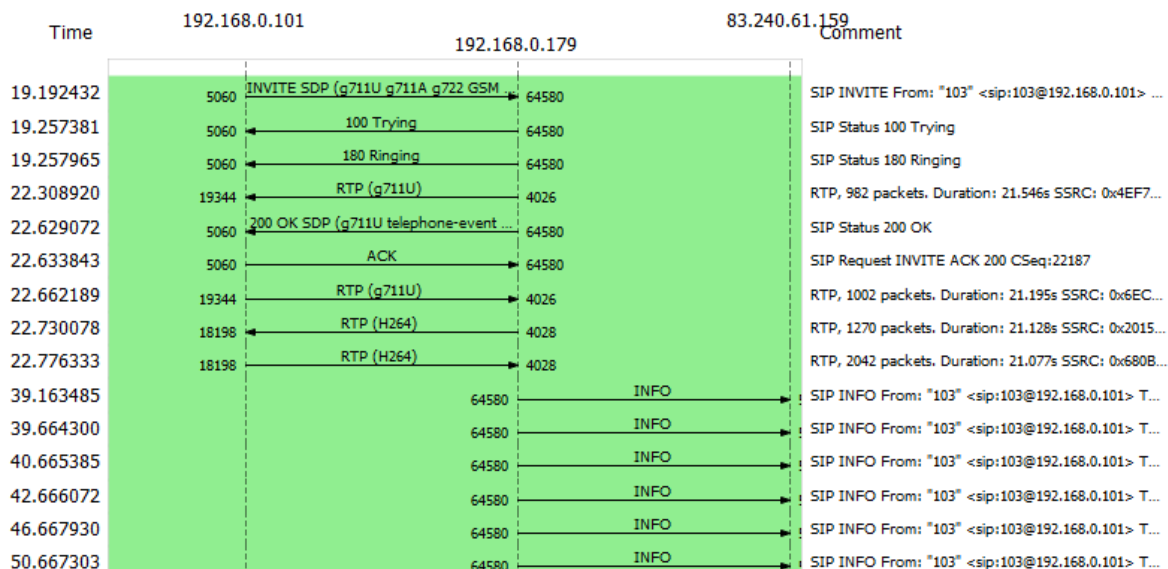


Obr. 4: komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonů X-lite a X-lite bez video hovoru

Tab. 4: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefony X-lite a X-lite, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. X-lite účastník	G.711U	9371	17	538,336	32,892
2. X-lite účastník	G.711U	9338	44	538,632	51,449

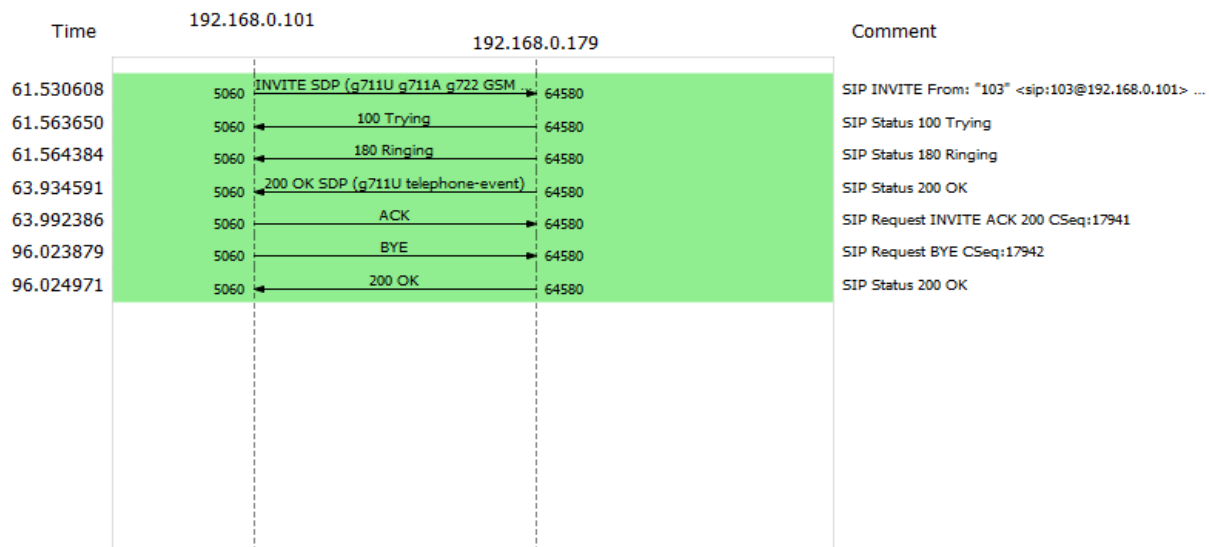
## Telefony MicroSIP a MicroSIP



Obr. 5: komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem

Tab. 5: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefony MicroSIP a MicroSIP, s videohovorem

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	H.264	3172	128	1567,057	598,264
2. MicroSIP účastník	G.711U	1541	59	9974,46	670,560
1. MicroSIP účastník	H.264	1969	0	1673,027	106,967
2. MicroSIP účastník	G.711U	1522	0	613,775	62,923

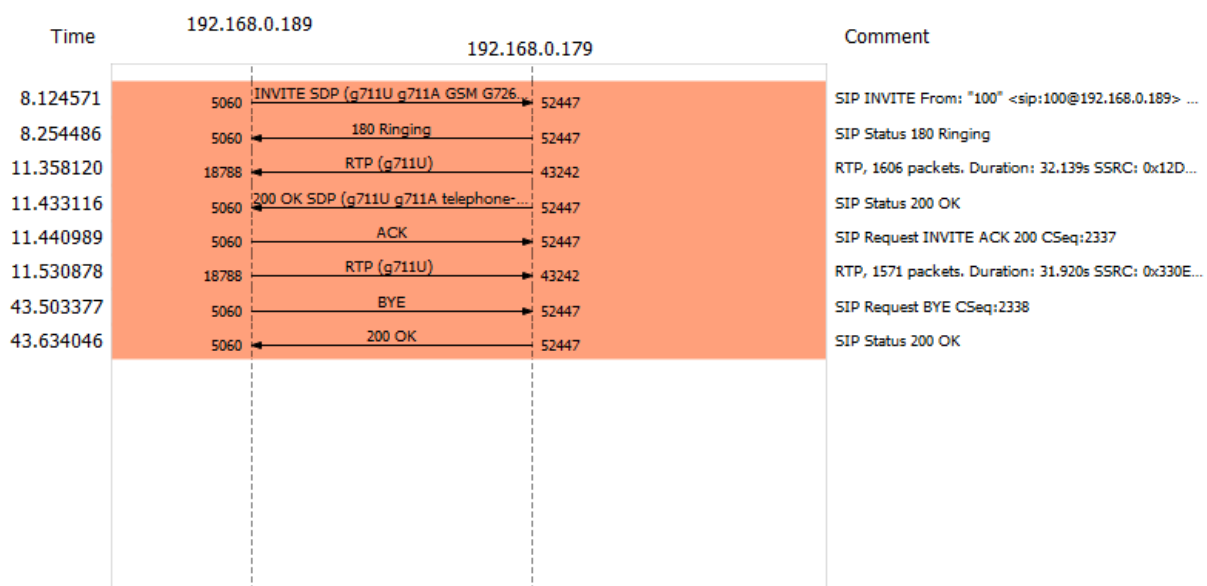


Obr. 6: komunikace v rámci jedné ústředny zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonů MicroSIP a MicroSIP bez video hovoru

Tab. 6: Volání v rámci jedné ústředny se zatížením telefony MicroSIP a MicroSIP, bez videohovoru

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. MicroSIP účastník	G.711U	1600	0	81,499	12,206
2. MicroSIP účastník	G.711U	1604	0	30,975	3,117

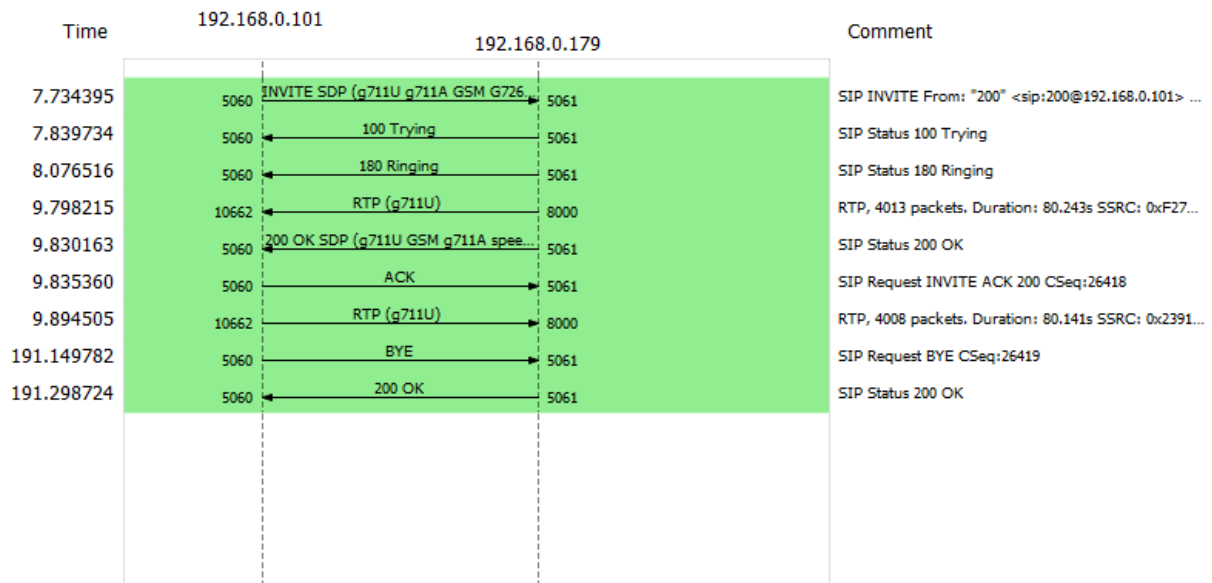
## Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení:



Obr. 7: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonů X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s

Tab. 7: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefony X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s

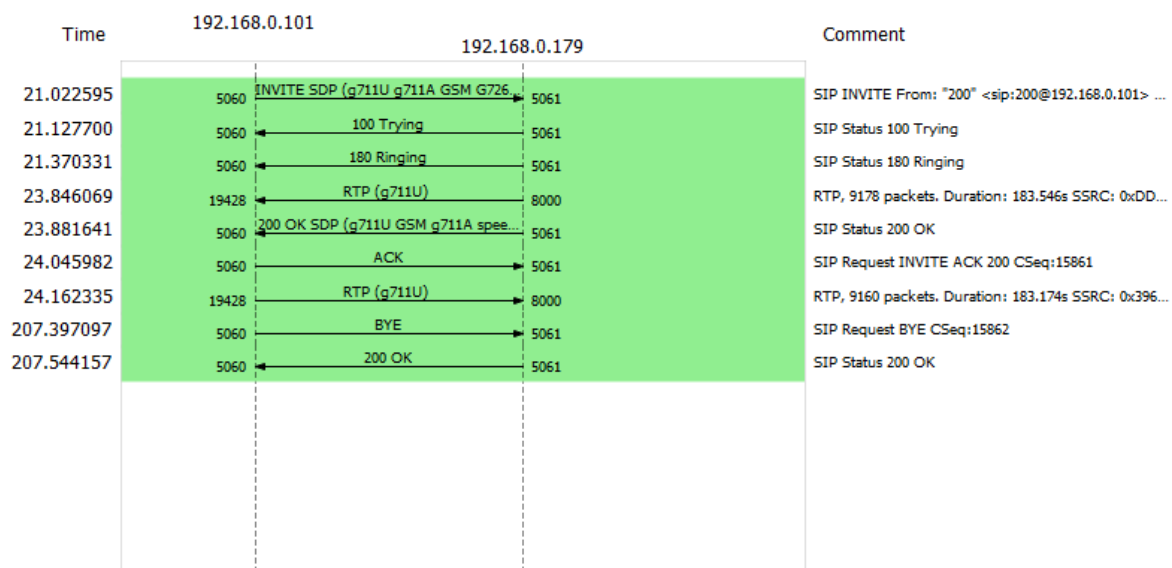
Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1606	0	299,275	24,816
2. účastník	G.711U	1571	0	74,891	6,927



Obr. 8: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonu X-lite a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty

Tab. 8: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefony X-lite a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

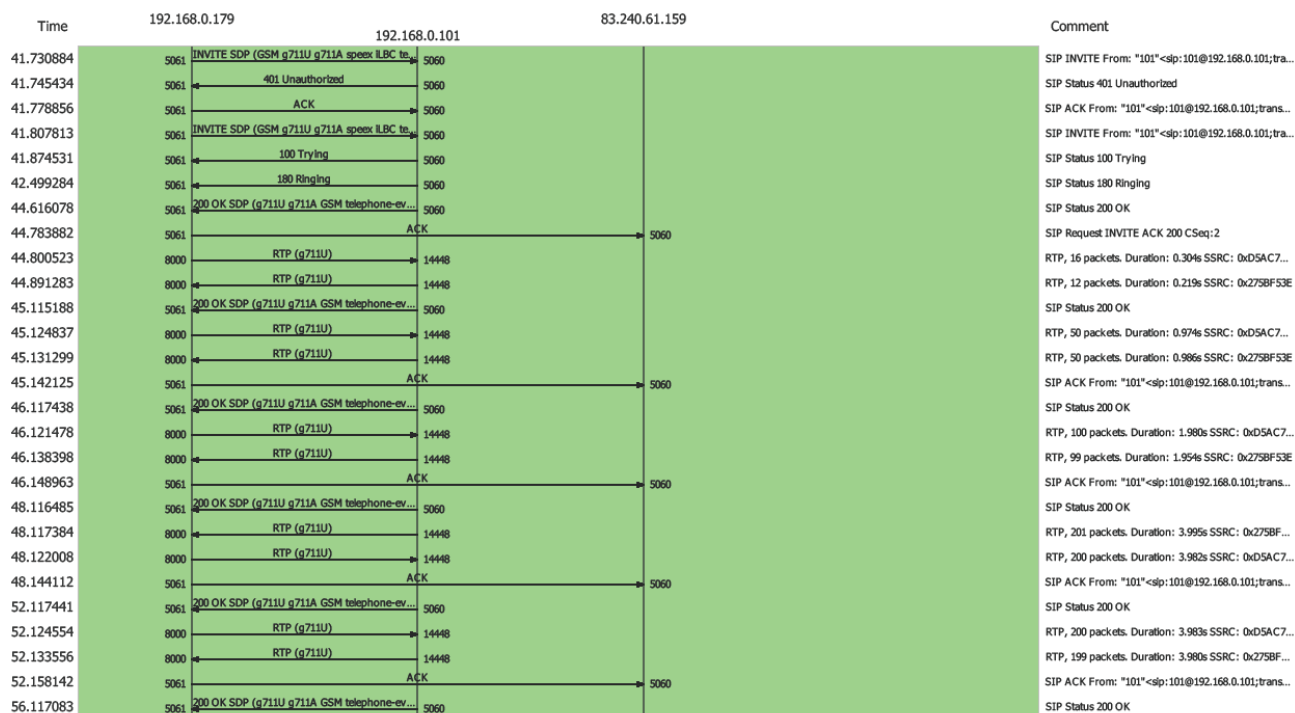
Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9057	0	78,682	15,777
2. účastník	G.711U	9068	0	30,975	2,793



Obr. 9: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru bez zatížení s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty

Tab. 9: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefony Zoiper a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9160	0	78,049	11,160
2. účastník	G.711U	9178	0	32,185	2,720



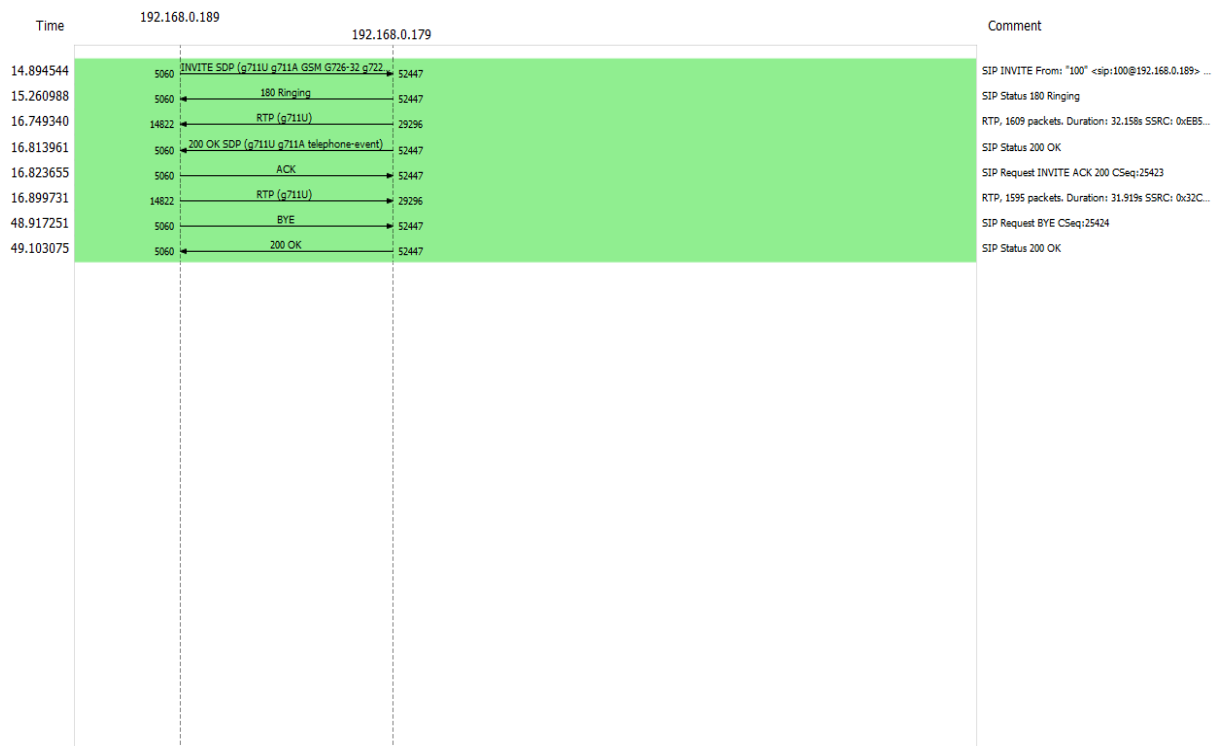
Obr. 10: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení hovoru bez zatížení s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 30 s

Tab. 10: Volání v rámci dvou ústředen bez zatížení telefony Zoiper a Zoiper, délka hovoru 30 s

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1593	0	99,769	19,963
2. účastník	G.711U	1591	0	31,931	3,280



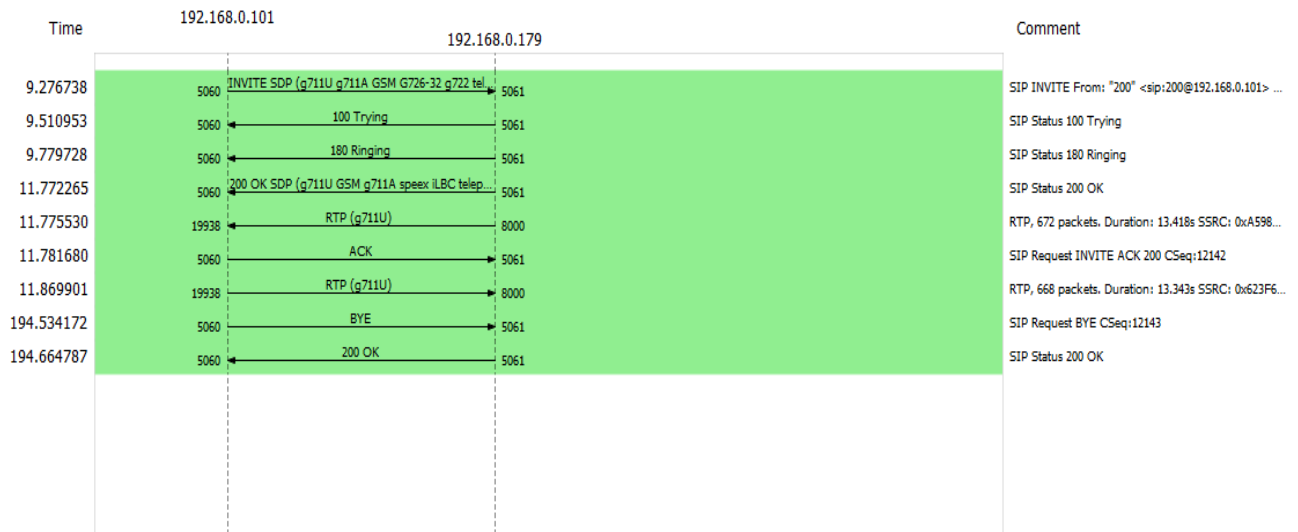
## Volání v rámci dvou ústředen se zatížením:



Obr. 11: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonu X-lite a Zoiper s délkou hovoru 30 s

Tab. 11: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefonů X-lite a Zoiper, délka hovoru 30 s

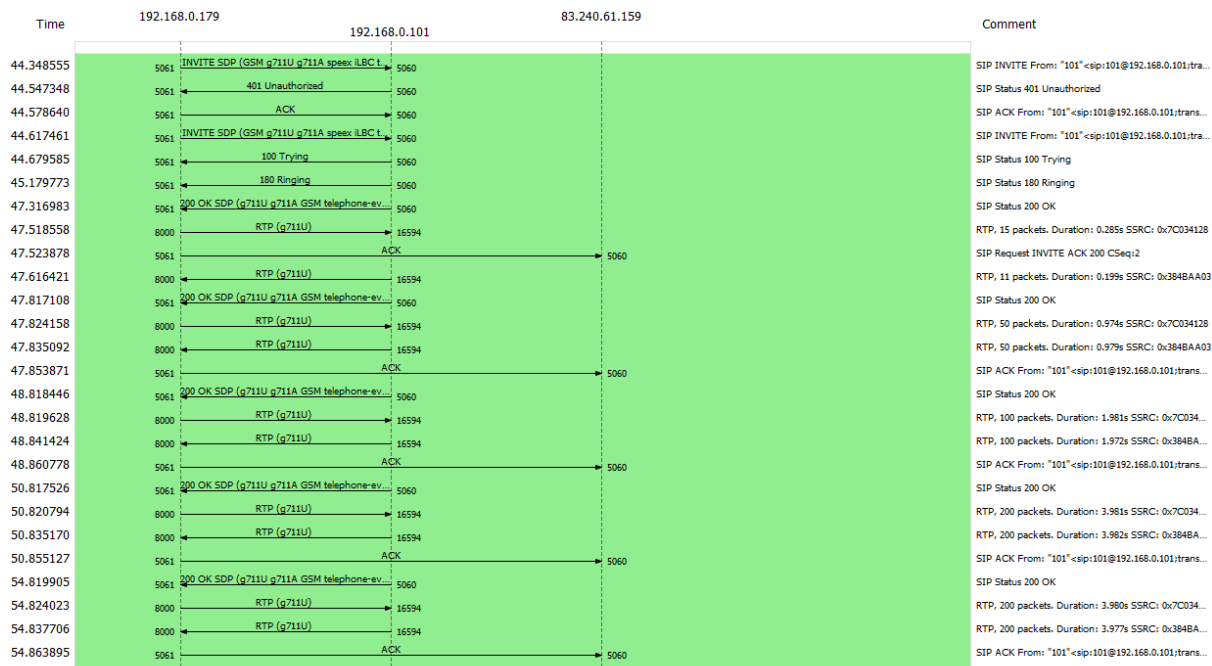
Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1609	0	21,633	0,462
2. účastník	G.711U	1595	2	669,404	44,042



Obr. 12: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonu X-lite a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty

Tab. 12: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefony X-lite a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

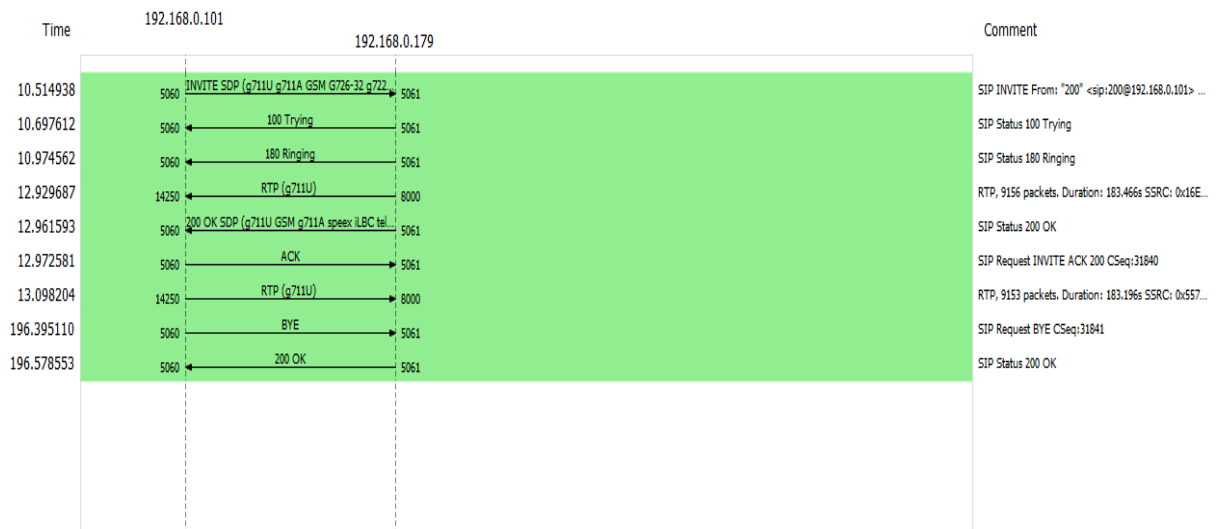
Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9118	5	215,043	38,017
2. účastník	G.711U	9133	0	74,190	10,566



Obr. 13: komunikace v rámci dvou ústředěn zahájení hovoru se zatížením s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 30 s

Tab. 13: Volání v rámci dvou ústředěn se zatížením telefony Zoiper a Zoiper, délka hovoru 30 s

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	1540	5	98,142	635,511
2. účastník	G.711U	1590	0	31,889	3,733



Obr. 14: komunikace v rámci dvou ústředen zahájení a ukončení hovoru se zatížením s použitím telefonu Zoiper a Zoiper s délkou hovoru 3 minuty

Tab. 14: Volání v rámci dvou ústředen se zatížením telefony Zoiper a Zoiper, délka hovoru 3 minuty

Uživatelé:	Kodek	Počet paketů	Ztráta paketů	Zpoždění [ms]	Jitter [ms]
1. účastník	G.711U	9153	7	150,922	22,592
2. účastník	G.711U	9156	0	148,412	13,255

## **Závěr:**

Na začátku úlohy se nakonfigurovaly obě softwarové telefoní ústředny FreeBPX. Navázání spojení bylo zachyceno v programu Wireshark a ukázáno vedoucím v laboratoři. Po této konfiguraci byly nastaveny VoIP telefony X-lite, Zoiper a MicroSIP tak, aby se mohlo volat v rámci jedné i obou ústředen. Před zahájením měření v rámci jedné ústředny byl spuštěn program Wireshark, aby zachytával veškerý provoz v síti. Měření probíhalo mezi telefony X-lite a X-lite bez zatížení. Po ukončení hovoru byly hodnoty zachycené v programu Wireshark uloženy a zpracovány do tabulky a byl k nim přiložen obrázek o zahájení a ukončení komunikace. Do tabulky byly vybrány hodnoty zpoždění, jitter, celkový počet paketů, ztráta paketů a použitý kodek (G.711). V dalším měření byly použity telefony MicroSIP – MicroSIP s využitím videohovoru. Zde byla největší změna v použitém kodeku. Použit byl jak kodek G.711 tak i kodek H.264. Měření v rámci jedné ústředny se zatížením vykazovalo oproti měřením bez zatížení vyšší ztrátovost paketů, větší kolísání zpoždění (jitter) a větší zpoždění oproti hodnotám předchozím. Zatížení bylo docíleno stahováním dat z internetu a sledování videí. Kvalita hovoru u všech těchto volání byla podprůměrná. To může být způsobeno tím, že obě dvě ústředny jsou nainstalované na jednom počítači společně se softwarovými telefony. Pro měření v rámci dvou ústředen byly využity telefony X-lite a Zoiper. Největší kvalitu hovoru měla kombinace telefonů Zoiper – Zoiper, kdy byl zvuk jasně slyšet a nebyla zde ani ozvěna způsobená zpožděním. Délka hovorů byla stanovena na 30 sekund a 3 minuty. Důvodem toho proč nejkvalitnější hovor byl v kombinaci softwarových telefonů Zoiper – Zoiper může být ten, že tato komunikace je primárně určena pro volání v rámci stejného telefonu. Po ukončení měření byly všechna naměřená data z Wiresharku uložena a zpracována do tabulek. Ke všem přenosům se dodal i obrázek o navázání a ukončení komunikace.