

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ



**СИМУЛАЦИЈА ПАКЕТСКЕ ТЕЛЕФОНИЈЕ
У ВИРТУЕЛНОМ ОКРУЖЕЊУ**
Мастер рад

Ментор:

Др Зоран Чича, доцент

Кандидат:

Александра Видовић 3134/2015

Београд, Март 2017.

САДРЖАЈ

САДРЖАЈ	I
1. УВОД.....	1
2. ПАКЕТСКА ТЕЛЕФОНИЈА – VOIP ТЕЛЕФОНИЈА	2
2.1. SIP ПРОТОКОЛ	2
2.2. RTP ПРОТОКОЛ.....	5
2.3. ASTERISK ПЛАТФОРМА	7
2.3.1. AsteriskNOW.....	9
3. ВИРТУЕЛИЗАЦИЈА	10
3.1. VIRTUALBOX	12
4. ASTERISK ВИРТУЕЛНА МАШИНА	14
4.1. ПОДЕШАВАЊЕ МРЕЖНИХ ПАРАМЕТАРА ЗА РАД У ВИРТУЕЛНОМ ОКРУЖЕЊУ	14
4.2. КРЕИРАЊЕ ASTERISK VM.....	17
4.3. ИНСТАЛАЦИЈА ASTERISKNOW СОФТВЕРА	22
4.4. FREEPBX GUI	26
5. СИМУЛАЦИЈЕ VOIP PBX СИСТЕМА.....	28
5.1. ПОТРЕБНИ УСЛОВИ ЗА РЕАЛИЗАЦИЈУ IP PBX СИСТЕМА.....	28
5.2. РЕАЛИЗАЦИЈЕ IP PBX СИСТЕМА КОРИШЋЕЊЕМ ASTERISK СЕРВЕРА.....	28
5.2.1. <i>Прва варијанта: VoIP комуникација рачунара 1 и мобилног телефона.....</i>	<i>31</i>
5.2.2. <i>Друга варијанта: VoIP комуникација рачунара 1 и рачунара 2</i>	<i>37</i>
5.2.3. <i>Трећа варијанта: VoIP комуникација између две виртуелне машине.....</i>	<i>41</i>
5.3. АНАЛИЗА РЕАЛИЗОВАНИХ IP PBX СИСТЕМА.....	44
6. ЗАКЉУЧАК.....	45
ЛИТЕРАТУРА.....	46
СПИСАК СКРАЋЕНИЦА	47
СПИСАК СЛИКА.....	48
СПИСАК ТАБЕЛА.....	50

1. Увод

Непрестан развој информационих технологија (ИТ - *Information Technology*) условљава сталну потрагу ка новим, бољим или унапређеним решењима у односу на постојеће стање у ИТ области. Експанзија интернет технологија и пакетских мрежа довела је до развоја и широке распрострањености пакетске телефоније која је постала веома приступачна данашњем свету. VoIP (*Voice over IP*) телефонија као истакнута пакетска телефонија, у пракси је показала велики значај и напредак у комуникационим системима. Захваљујући развоју нових грана ИТ индустрије као што је виртуелизација и *Cloud Computing*, отварају се нове могућности за додатно унапређење пакетске телефоније. Један од могућих начина за такво унапређење коришћењем наведених ИТ подобласти, јесте циљ овог рада. Такође, у овом раду биће представљен значај употребе *open-source* софтверских решења за пакетску телефонију, као и бесплатног софтвера за виртуелизацију.

Овај рад садржи шест поглавља, укључујући уводно (прво) и завршно (шесто) поглавље. У другом поглављу су дате теоријске основе о пакетској телефонији, односно VoIP телефонији, као и приказ најпознатије *open-source* софтверске платформе за пакетску телефонију – **Asterisk** платформе. У трећем поглављу је представљен значај концепта виртуелизације у ИТ свету, као и **VirtualBox** алата за виртуелизацију који ће се користити у практичном делу рада. Четврто и пето поглавље се односе на практични део рада. Четврто поглавље је посвећено креирању и подизању **Asterisk** сервера као телефонске централе у виртуелном окружењу, као и употреби **FreePBX** графичког интерфејса за управљање **Asterisk** сервером. Пето поглавље представља главни допринос рада, у коме су приказана различита симулациона решења пакетске телефоније применом **Asterisk** централе, *softphone* апликације **ZoiPer** као крајњег терминала, као и коришћење концепта виртуелизације кроз **VirtualBox** софтвер. Резиме овог рада дат је у шестом поглављу, где су изложене и смернице за даља истраживања.

2. ПАКЕТСКА ТЕЛЕФОНИЈА – VOIP ТЕЛЕФОНИЈА

Захваљујући развоју мрежа базираних на комутацији пакета, развијен је нови модел телефоније у пакетским мрежама (**пакетска телефонија**), у односу на телефонију базирану на комутацији кола (класична или фиксна телефонија). Приликом формирања пакетске телефоније у оквиру неке пакетске мреже, превасходно је остварити функционалности које пружа и класична телефонија. Због тога је потребан ентитет (хардверска или софтверска компонента) који ће обављати улогу телефонске централе, али постоје и разлике у томе које све функције телефонске централе треба да поседује тај ентитет. Прослеђивање односно комутацију у пакетским мрежама врше мрежни чворови попут рутера и свичева, при чему се прослеђивање обавља на нивоу пакета. Бесмислено би било претварати ове мрежне уређаје у телефонске централе, пошто већина саобраћаја који они комутирају типично није телефонски саобраћај. Оно што би требало да поседује ентитет у пакетској мрежи који има улогу телефонске централе јесу најпре функције администрације и сигнализације, које се односе на тарифирање и именик (адресар) корисника у случају административних функција, односно на основну сигнализацију неопходну за формирање успоставе и раскида телефонске везе.

Два су основна приступа у формирању пакетске телефоније: H.323 и SIP системи сигнализације за пакетску телефонију. H.323 означава скуп правила које је усвојила Међународна унија за телекомуникације – Сектор за стандардизацију у области телекомуникација ITU-T (*Internacional Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*), и које се односе не само на сигнализацију, већ и на друге аспекте телефонске комуникације као што су аудио кодеци, видео кодеци... SIP протокол је протокол који је намењен за телефонску сигнализацију у IP мрежама, и развијен је од стране IETF (*Internet Engineering Task Force*) организације за стандардизацију Интернета.

Пакетска телефонија у оквиру IP мрежа (*IP - Internet Protocol*) назива се **VoIP телефонија**, и спада у најпознатију пакетску телефонију због широке распрострањености и примене IP технологије, као доминантне пакетске технологије. Међутим, пакетска телефонија може бити креирана и на другим пакетским мрежама, као што је ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) мрежа. [1]

Пошто је у раду коришћен концепт VoIP телефоније, у наставку овог поглавља биће изложен кратак преглед основних протокола који се користе у реализацији овог вида пакетске телефоније.

2.1. SIP протокол

SIP (*Session Initiation Protocol*) је сигнализациони протокол који се користи за иницирање, модификовање и раскидање мултимедијалних сесија у којима учествује један или више корисника. Сесије представљају сваки облик интерактивне комуникације (пример за то су: Интернет телефонски позиви, Интернет мултимедијске конференције, мултимедијална дистрибуција). SIP је развијен као адекватније сигнализационо решење од H.323 јер је прилагођен потребама Интернет мреже (а самим тим и потребама пакетске VoIP

телефоније), и при том омогућава напредне телефонске сервисе путем Интернета и других IP мрежа.

SIP протокол је протокол апликационог слоја и дефинисан је у препоруци RFC 3261 од стране IETF организације. С обзиром да је то протокол апликационог слоја, за пренос својих порука SIP може користити било који од три транспортна протокола (*TCP-Transmission Control Protocol*, *UDP-User Datagram Protocol*, *SCTP-Stream Control Transmission Protocol*) који су у употреби у IP мрежама.

У случају SIP сигнализације разликујемо **SIP захтеве** (*Request*) и **SIP одговоре** (*Response*). **SIP дијалог** представља све SIP поруке које се размењују у оквиру једне сигнализационе везе. SIP дијалог је састављен од низа трансакција. Једна **трансакција** у себи садржи један SIP захтев и све SIP одговоре на тај захтев. У наредним табелама дат је приказ најважнијих врста SIP захтева, затим типови SIP одговора, као и класе SIP одговора.

Табела 2.1.1. Врсте SIP захтева

SIP захтеви (<i>Request</i>)	Опис SIP захтева (<i>Request</i>)
INVITE	Иницирање позива, мењање параметара позива (поновни INVITE)
ACK	Потврђивање коначног одговора на INVITE захтев
BYE	Захтев за раскидом позива
CANCEL	Раскидање везе чија је успостава у току
REGISTER	Регистрација локације клијента
OPTIONS	Испитивање могућности на другој страни
INFO	Слање међусесијске информације која не модификује стање сесије

Табела 2.1.2. Типови SIP одговора [2]

SIP одговори (<i>Response</i>)	Опис SIP одговора (<i>Response</i>)
Привремени (1xx класа)	Привремени одговори које сервер користи за индикацију прогреса, али не терминирају SIP трансакције
Финални (2xx, 3xx, 4xx, 5xx и 6xx класе)	Финални одговори који терминирају SIP трансакцију

Табела 2.1.3. Класе SIP одговора

1xx	Привремени одговори који упућују да је захтев прихваћен и да је у току његово процесирање
2xx	Позитивни одговори којима се сигнализира успешна обрада захтева
3xx	Преусмеравачки одговори у вези нове локације траженог корисника/ алтернативни сервиси
4xx	Одговори који сигнализирају грешке на клијент страни
5xx	Одговори који сигнализирају грешке на сервер страни
6xx	Одговори који сигнализирају генералне грешке (заузет, одбијање, недоступан)

SIP протокол се заснива на **клијент-сервер принципу**. По овом принципу, клијент шаље захтев серверу на који, затим сервер шаље одговор (или више одговора) клијенту. Сваки ентитет који учествује у SIP комуникацији може имати следеће улоге: као клијент (иницира захтев), као сервер (одговара на захтев) или као и клијент и сервер. Пошто постоје различити типови ентитета који могу бити коришћени у SIP комуникацији, навешћемо само најважније ради бољег разумевања у даљем излагању овог рада:

- **Кориснички агент (UA-User Agent)** – Кориснички агент представља крајњи ентитет (терминал) који иницира и терминира сесије размењујући захтеве и одговоре. Кориснички агенти могу бити IP телефони, телефонски гејтвеји, аутоматизовани сервиси за одговор, рачунари са инсталираним одговарајућим апликацијама (*softphone*). Код корисничког агента постоји и клијент (UAC – *User Agent Client*) и сервер (UAS – *User Agent Server*) имплементација, зато што у комуникацији може имати улогу и клијента (шаље захтеве) и сервера (шаље одговоре на примљене захтеве).
- **Прокси сервер (Proxy Server)** – Прокси сервер је одговоран за рутирање и уручење SIP захтева/одговора ка коначном одредишту/изворишту. Он представља посреднички ентитет који, у зависности од врсте SIP поруке, има улогу и као сервера и као клијента. Прокси сервер не врши модификацију SIP поруке, осим одређених поља која су неопходна ради успешног рутирања SIP поруке. Под надзором прокси сервера су такође и аутентификација, ауторизација и контрола приступа мрежи, као и заштита података и веродостојан захтев за ретрансмисијом. Овај тип сервера може да ради у два мода: *statefull* и *stateless*. У *statefull* моду, прокси сервер памти целу захтев/одговор трансакцију од почетка до краја, док се у *stateless* моду сваки захтев и сваки одговор процесирају засебно.

- **Редирект сервер (*Redirect Server*)** – Редирект сервер обавља преусмеравање SIP захтева на следећи начин: слично прокси серверу, редирект сервер прихвата SIP захтев, врши мапирање адресе (локације) траженог корисничког агента (или неког другог прокси сервера) и затим даје одговор изворишном SIP захтеву у коме се налази адреса ентитета коме треба послати дотични захтев. За разлику од прокси сервера, редирект сервер не обавља прослеђивање SIP захтева/одговора, већ само враћа адресу ентитета на коју треба послати SIP захтев.
- **Локацијски сервер** – Овај сервер има улогу базе података, и садржи информације о свим локацијама (адресама) SIP корисника. Приступ локацијском серверу имају прокси и редирект сервери.
- **Регистар** – Регистар је сервер који прима захтев за регистрацију корисника у циљу повезивања његове локације (IP адресе) са његовим URI (*Uniform Resource Identifier*) називом. Корисник може регистровати и више својих локација. На основу примљених регистрација, овај сервер упућује на ажурирање локацијског сервера који чува локације (адресе) SIP корисника. Захваљујући регистру, ради се мапирање од имена до адресе, тако да се позиви успостављају на име особе, уместо примене компликоване нумеричке шеме.

У случају формирања корисникове SIP адресе (SIP URI), општа форма је **sip:user@domain** и личи на *e-mail* адресу (SIP користи Интернет URL – *Uniform Resource Locator*). С обзиром да се у SIP URI формату налази корисников домен, поруке се прво рутирају на домен, а затим их одговарајући ентитети прослеђују даље до терминала, сервера других мрежа или апликација.

SIP поруке се састоје из **заглавља** и **тела** поруке, без обзира да ли се ради о захтеву или одговору. У заглављу се преносе:

- Информације о SIP адреси позваног корисника
- Информације о SIP адреси позивајућег корисника
- Идентификатор сесије
- Информације о дужини тела поруке и типу информација које се преносе у телу поруке
- Информације о „скоковима“ поруке (поруке се преносе *hop by hop*)
- Редни број захтева

Тело поруке носи корисну информацију и користи се за опис сесије коју треба успоставити. За опис мултимедијалне сесије углавном се користи SDP (*Session Description Protocol*) протокол. [1,2]

2.2. RTP протокол

RTP (*Real-time Transport Protocol*) је протокол за пренос временски осетљивих података (као што су аудио и видео подаци) са једног на други крај мреже у реалном времену. Дефинисан је у препоруци RFC 3550, као допуна RFC 1889. При томе, пренос сваког извора аудио/видео садржаја врши се засебним RTP током због ефикаснијег управљања везом, тј. садржајем који се преноси. С обзиром да је за остваривање везе између корисника потребно успоставити и сигнализацију, RTP протокол се комбинује са неким од

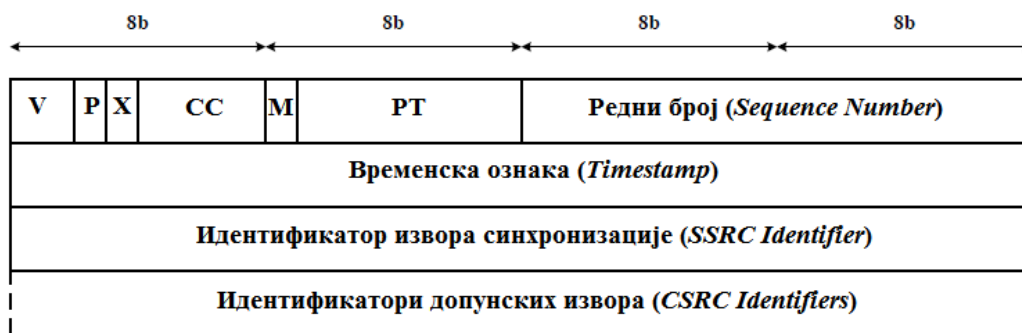
сигнализационих протокола (на пример са SIP протоколом) ради добијања целине која чини скуп протокола потребних за остваривање одређеног сервиса, попут VoIP телефоније.

RTP протокол се извршава употребом неког од транспортних протокола (углавном UDP протокола), пошто не може самостално функционисати на транспортном слоју. Избор UDP протокола је због тога што он може пружити већу брзину преноса података, што је битно за пренос аудио/видео садржаја у реалном времену, у односу на транспортне протоколе попут TCP или SCTP, због њиховог механизма за остваривање поузданог преноса, који није толико битан код овакве врсте података.

Пошто RTP протокол у комбинацији са UDP протоколом, не обезбеђује поуздан пренос, због грешака у преносу неки пакети се могу изгубити, закаснити или испоручити у погрешном редоследу. Међутим, он у свом заглављу садржи поља која обезбеђују да се утврди који су пакети изгубљени/оштећени у преносу, и на основу тога могуће је извршити исправку пакета на пријему.

Такође, RTP протокол не обезбеђује резервацију ресурса у мрежи. Овај протокол не гарантује квалитет сервиса (QoS - *Quality of Service*) за временски осетљиве сервисе.

RTP пакет се састоји од обавезног RTP заглавља, опционог проширења заглавља, опционог заглавља корисног дела и самог корисног дела (аудио/видео садржај) [3].



Слика 2.2.1. Обавезно RTP заглавље [3]

Обавезно RTP заглавље, које је приказано на слици 2.2.1., састоји се из следећих поља:

- **V-Version** (2 бита): Означава верзију RTP протокола. Тренутно се користи верзија 2.
- **P-Padding** (1 бит): Бит који указује да ли се користи допуна у RTP пакету или не. Ако се користи, значи да на крају RTP пакета постоје *padding* пакети који увећавају величину пакета до потребног броја (ово је потребно код крипто система).
- **X-Extension** (1 бит): Означава да ли у RTP пакету постоји проширење заглавља или не.
- **CC-CSRC Count** (4 бита): Означава број CSRC идентификатора који се налазе после обавезног RTP заглавља, уколико постоје.
- **M-Marker** (1 бит): Служи за означавање битних догађаја у RTP току (који RTP профил се преноси и тип садржаја се користе).
- **PT-Payload Type** (7 бита): Служи за одређивање садржаја корисног дела RTP пакета како би се на пријему правилно декодирао. *Default* вредности које се користе за мапирање аудио и видео садржаја дате су у RFC 3551 препоруци. Може

се јавити и нејасно значење овог поља, пошто претходно поље (*M-Marker*) може искористи бите поља *PT*.

- **Редни број-Sequence Number** (16 бита): Означава редни број *RTP* пакета у низу пакета који се шаљу. Иницијална вредност овог поља је случајна вредност, због спречавања недозвољеног декодовања корисног садржаја. Ово поље се користи за правилно одређивање редоследа примљених пакета, као и за детектовање губитака пакета при њиховом преносу.
- **Временска ознака-Timestamp** (32 бита): Представља временску референцу за синхронизацију аудио/видео садржаја који се преноси. Иницијална вредност овог бројача је случајна вредност, пошто је на пријему битна само апсолутна разлика у односу на почетак рачунања.
- **Идентификатор извора синхронизације-SSRC Identifier** (32 бита): Пун назив скраћенице *SSRC* је *Synchronization SouRCe*. Овај идентификатор врши идентификацију изворишта *RTP* тока. Груписање пакета на пријему се обавља захваљујући *SSRC* идентификатору, пошто сваки *RTP* ток има јединствен *SSRC* идентификатор. *SSRC* се бира на случајан начин како би се спречило да у комуникацији учествују два корисника са истим идентификатором.
- **Идентификатор допунског извора-CSRC Identifier** (32 бита): Пун назив скраћенице *CSRC* је *Contributing SouRCe*. Овим идентификатором се означавају додатни извори који учествују у генерисању дела садржаја *RTP* тока. Број ових додатних извора се наводи у *CS* пољу. Уколико је вредност *CS* поља једнака 0, тада не постоје додатни извори, и поље *CSRC Identifier* се изоставља (ово поље је опционо у обавезном *RTP* заглављу). [3,4]

2.3. Asterisk платформа

Asterisk платформа представља *open-source* софтверско решење намењено креирању и моделовању комуникационих апликација. Његов зачетник, Mark Spencer, је пројекат **Asterisk** првобитно осмислио као замену за скупе *PBX* (*Private Branch Exchange*) комерцијалне системе (*PBX* систем означава телефонску централу која опслужује неко предузеће или домаћинство, повезујући скуп уређаја/локала у оквиру организације или домаћинства између себе и на јавну телефонску мрежу) који су тада били на тржишту крајем 90-тих година прошлог века. Развоју овог пројекта допринели су и други учесници *open-source* заједнице, да би након пар година, **Asterisk** постао то али и више од самог *PBX* система. Тежило се развоју хардверских и софтверских комуникационих модула, проширења и унапређења *PBX* функционалности, као и интеграције са постојећим телефонским технологијама, а све то захваљујући *open-source* концепту овог пројекта. Компанија *Digium* којом председава Mark Spencer, је званични спонзор пројекта **Asterisk**.

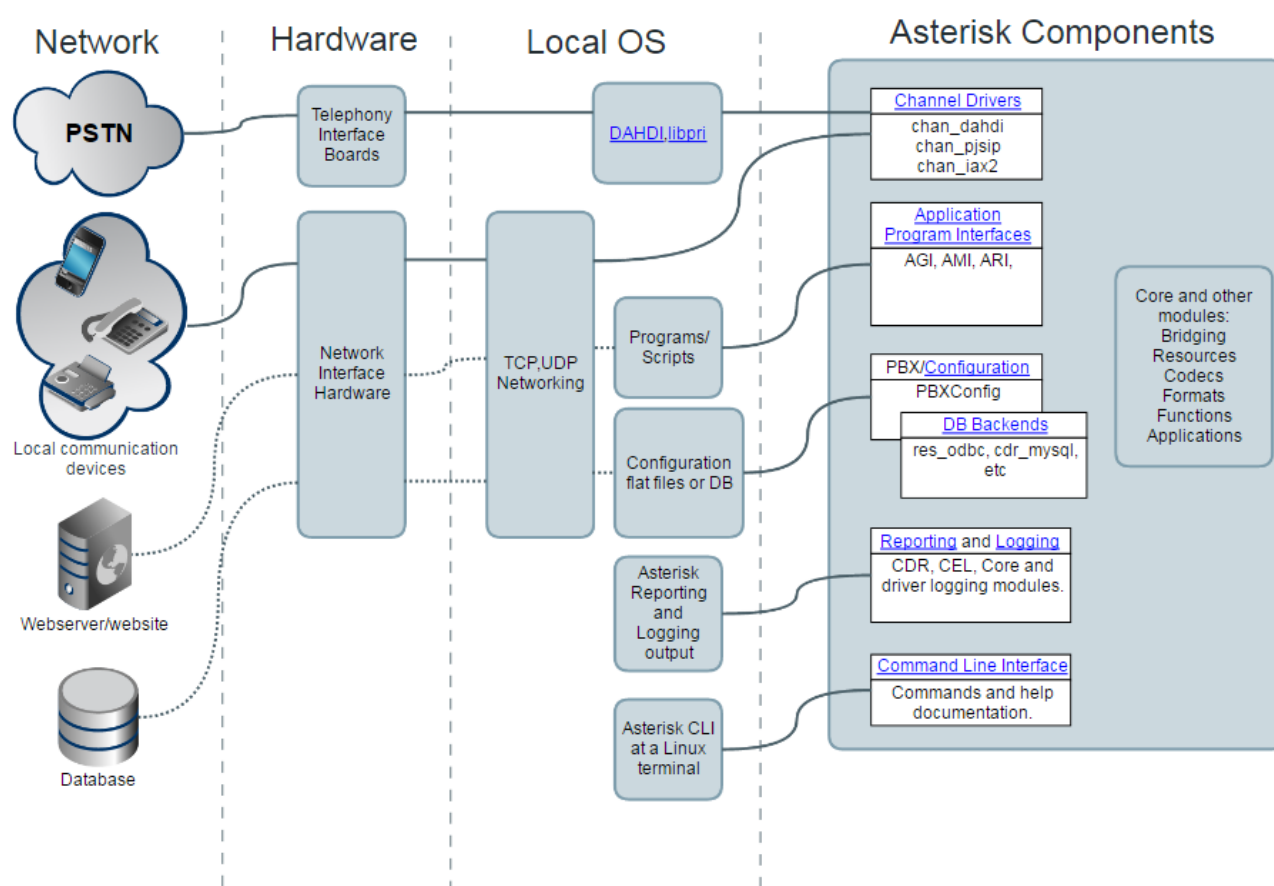


Слика 2.3.1. Asterisk лого

Asterisk је постао прва *open-source* *VoIP* *PBX* платформа. Подржава широк спектар *VoIP* протокола, укључујући *H.323* и *SIP*, као и *IAX* (*Inter-Asterisk eXchange*) протокол који је проистекао баш из ове платформе. *IAX* протокол је првобитно био намењен само за

интерконективност VoIP централа, док се данас може користи за VoIP конекције између сервера као и за клијент-сервер комуникацију, при чему се кроз једну успостављену IAX конекцију преноси и сигнализација и кориснички подаци. Захваљујући модуларној форми ове платформе, могуће је имплементирати ефикасне IP PBX системе, IVR (*Interactive Voice Response*) системе, конференцијске сервере, VoIP гејтвеје, напредне телефонске сервисе, извршити интеграцију са класичном телефонијом, и то све остварити за мала и велика предузећа, кол-центре, телекомуникационе оператере, удаљене локације широм света. Такође, **Asterisk** подржава широк спектар крајњих IP терминала (као што су IP телефони, затим рачунари, таблети и мобилни телефони са адекватним апликацијама за VoIP телефонију).

Архитектура **Asteriska**, као и његова интеграција са осталим хардверским, софтверским и мрежним комуникационим системима, приказана је на слици 2.3.2.:



Слика 2.3.2. Asterisk систем [5]

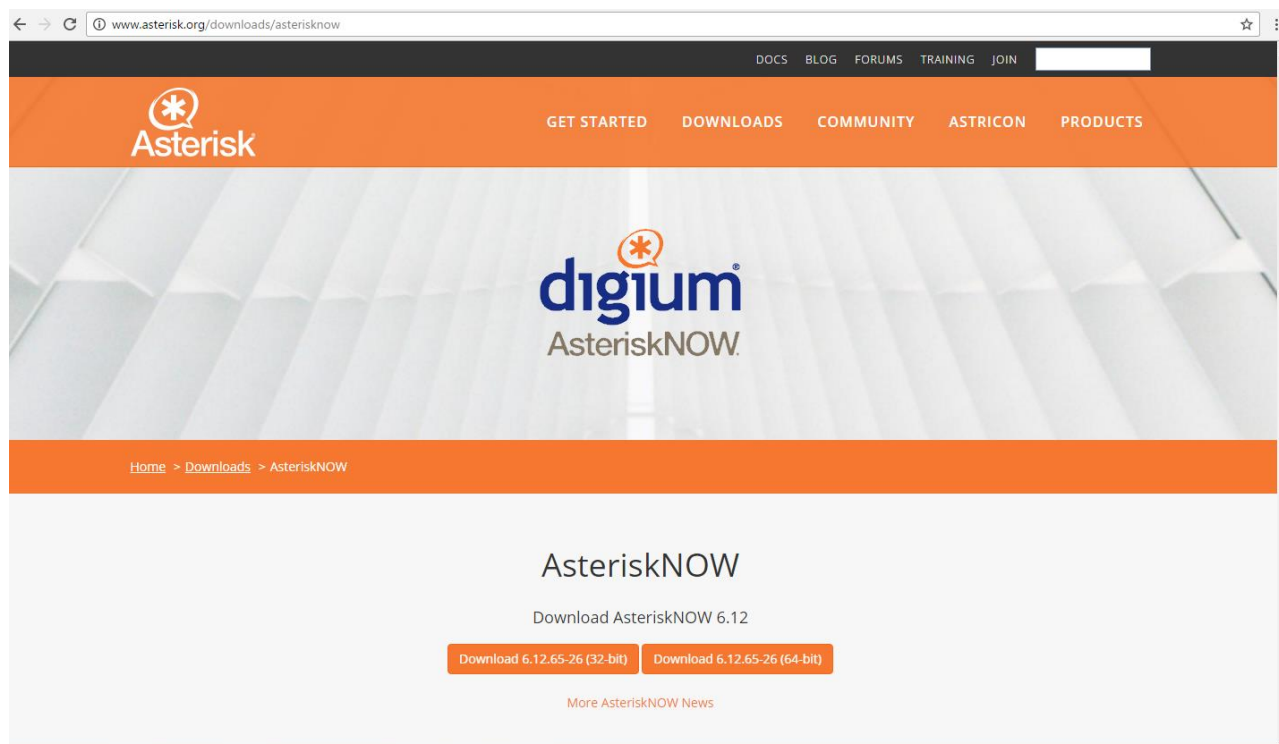
Asterisk архитектура (приказана на слици 2.3.2. у делу *Asterisk Components*) састоји се од језгра (*core*) и различитих модула. Захваљујући овим модулима подиже се **Asterisk** комуникациони систем, и омогућава се реализација и управљање различитим телекомуникационим технологијама (базираним и на комутацији пакета и на комутацији кола), остваривање разних телефонских сервиса (као што су говорна пошта, конференцијске везе, IM-*Instant Messaging*, музика на чекању...), кодовање и декодовање различитих аудио и видео кодека, али и креирање индивидуалних комуникационих захтева захваљујући великом броју пратеће документације и **Asterisk**-овом *Command Line Interface* (CLI) који се користи под Linux оперативним системима (*OS-Operating System*).

2.3.1. AsteriskNOW

Сама конфигурација **Asterisk** система захтева познавање рада у Linux командној линији (конзоли), као и посебну **Asterisk** синтаксу. За неког ко би желео да креира свој први PBX систем, овај начин инсталације може деловати као компликовано решење. Захваљујући моћи *open-source* заједнице програмера и осталих ентузијаста, као и другог софтвера отвореног кода, створени су пројекти (софтверски алати) који поједностављују рад са **Asterisk**-ом, истовремено пружајући његов пун потенцијал. Ови пројекти обједињују све оно што је потребно за подизање **Asterisk** PBX система, а то је његова конфигурација и одговарајућа Linux дистрибуција на којој почива ова платформа, али и *user-friendly* администраторски интерфејс (односно *GUI-Graphical User Interface* окружење) који олакшава креирање, управљање и администрирање PBX система. Један од таквих пројеката је **AsteriskNOW** управо компаније *Digium*.

AsteriskNOW је такође *open-source* софтвер, и подржан је од стране истоимене активне заједнице, коју чине интегратори, *developer* инжењери али и његови крајњи корисници, доприносећи његовом непрестаном развоју и унапређењу. **AsteriskNOW** чини комплетну Linux дистрибуцију са **Asterisk**-ом, има подршку за DAHDI драјвере (*Digium Asterisk Hardware Device Interface*) који омогућавају везу са PSTN (*Public Switched Telephone Network*), и **FreePBX** администраторски GUI. **FreePBX** је *open-source* веб-апликација која представља графички интерфејс за управљање **Asterisk**-овим комуникационим сервером, омогућавајући једноставнију и прегледнију реализацију PBX система.

Актуелне верзије **AsteriskNOW** за 32-битне и 64-битне системе, као и њихово преузимање, налазе се на званичном сајту **Asterisk** платформе <http://www.asterisk.org/downloads/asterisknow> . Преузимање је бесплатно, али је потребна регистрација путем е-mailа. За потребе овог рада, преузета је верзија 6.12.65-26 за 32-битне системе.



Слика 2.3.1.1. Званични сајт AsteriskNOW

3. ВИРТУЕЛИЗАЦИЈА

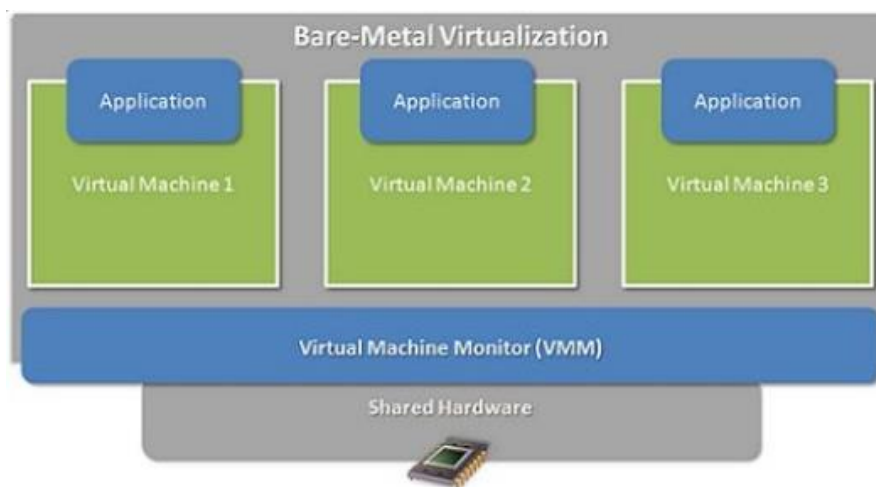
Виртуелизација представља битан концепт у данашњем свету информационих технологија. Виртуелизација омогућава рад више логичких ентитета на једном физичком ентитету (уређају), делећи његове расположиве ресурсе. Применом ове технологије постиже се већа ефикасност у раду и употреби ИТ инфраструктуре и ИТ сервиса, доприносећи тиме бољем искоришћењу система и његових ресурса. Такође, њеном применом могуће је значајно смањити трошкове по питању хардвера као и потрошње електричне енергије, затим повећати флексибилност и ефикасност у тестирању софтверских иновација пружајући поузданост у раду у случају отказа.

У случају виртуелизације рачунарских система, дефинишу се следећи термини:

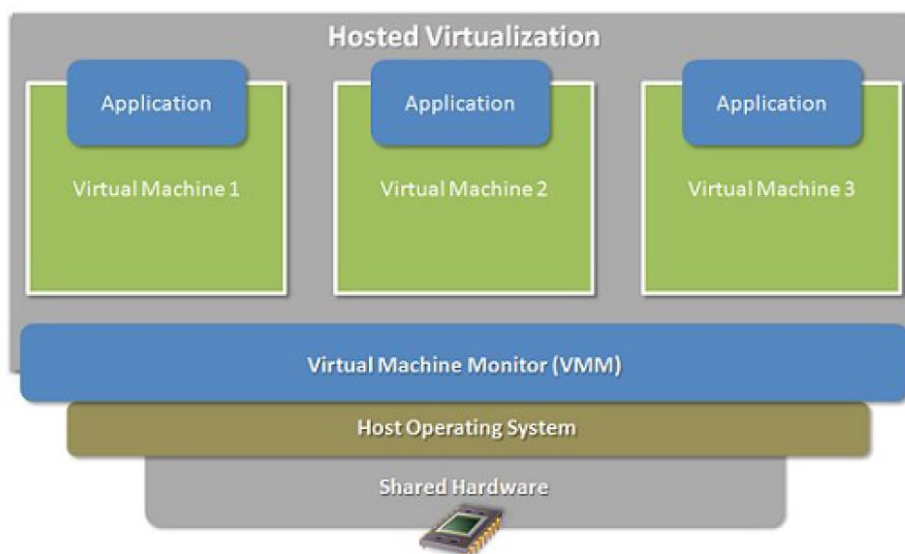
- Рачунар домаћин (*host machine*) је машина (уређај) на којој се ефективно извршава виртуелизација [6].
- Рачунар гост (*guest machine*) је виртуелна машина (*VM-Virtual Machine*) која користи одређене ресурсе рачунара домаћина, и која представља софтверску имплементацију рачунара.
- Хипервизор (*hypervisor*) или VMM (*Virtual Machine Monitor*) је софтвер или *firmware* који управља расположивим ресурсима *host* машине и виртуелним машинама, обезбеђујући окружење у којем различите *guest* машине могу неометано радити на рачунару домаћина.

Постоје два основна типа виртуелизације на којима се заснива ова технологија:

- Тип 1 – *Bare-Metal Virtualization* (приказан на слици 3.1.)
- Тип 2 – *Hosted Virtualization* (приказан на слици 3.2.)



Слика 3.1. Тип 1 виртуелизације [6]



Слика 3.2. Тип 2 виртуелизације [6]

У зависности од примене виртуелизације, постоје различите технике и врсте виртуелизације које се користе у рачунарским системима. Навешћемо само неке најважније:

- Виртуелизација хардвера
- Виртуелизација на нивоу оперативног система
- Виртуелизација десктопа
- Виртуелизација софтвера
- Виртуелизација меморије
- Виртуелизација складиштења података
- Виртуелизација података
- Виртуелизација мреже

Две значајне примене виртуелизације које постоје у данашњем ИТ свету су:

- Платформска (сервер) виртуелизација – бави се раздвајањем оперативног система и хардверских ресурса које оперативни систем користи [6].
- Апликативна (десктоп) виртуелизација – бави се покретањем апликација/софтверских пакета у софтверском/хардверском окружењу за које оригинално нису биле предвиђене [6].

Пошто је за потребе овог рада коришћен концепт виртуелизације, односно креирање виртуелног окружења на рачунару ради успоставе VoIP телефоније применом **AsteriskNOW** софтвера, потребан је одговарајући софтверски алат који ће поседовати горе наведене технике виртуелизације. У ту сврху користиће се **VirtualBox**, један од најпознатијих *open-source* софтверских алата за виртуелизацију. У наставку овог поглавља биће изложени најважнији детаљи у функционисању наведеног софтвера за виртуелизацију.

3.1. VirtualBox

Oracle VM VirtualBox (у даљем тексту **VirtualBox**) је *open-source* софтверски алат за виртуелизацију 32-битних и 64-битних оперативних система, на рачунарима са Intel или AMD процесорима. **VirtualBox** представља *hosted* хипервизор, пошто се **VirtualBox** инсталира на већ постојећи оперативни систем рачунара домаћина (што значи да **VirtualBox** припада типу 2 виртуелизације). Захваљујући овом алату, могу се креирати виртуелне машине (VM) чинећи виртуелно окружење рачунара домаћина (*host* рачунара).



Слика 3.1.1. VirtualBox лого

Оперативни систем (OS) на коме је инсталиран **VirtualBox** назива се *host* оперативни систем (*host OS*). Оперативни систем који је инсталиран у оквиру виртуелне машине назива се *guest* оперативни систем (*guest OS*).

У корисничком упутству (*User Manual*) које се може наћи на званичном сајту **VirtualBox**-а <https://www.virtualbox.org> налази се, између осталог, списак свих *host* и *guest* оперативних система као и њихових тачних верзија које подржава **VirtualBox**. Овде ћемо навести само имена тих оперативних система која се налазе у актуелној верзији овог упутства. *Host* оперативни системи на којима може да се инсталира **VirtualBox** су: Windows, Mac OS X, Linux и Solaris оперативни системи. *Guest* оперативни системи који се могу извршавати коришћењем **VirtualBox**-а су исти као и за *host* оперативне системе, са додатком и следећих оперативних система: DOS, FreeBSD, OpenBSD и OS/2 Warp 4.5.

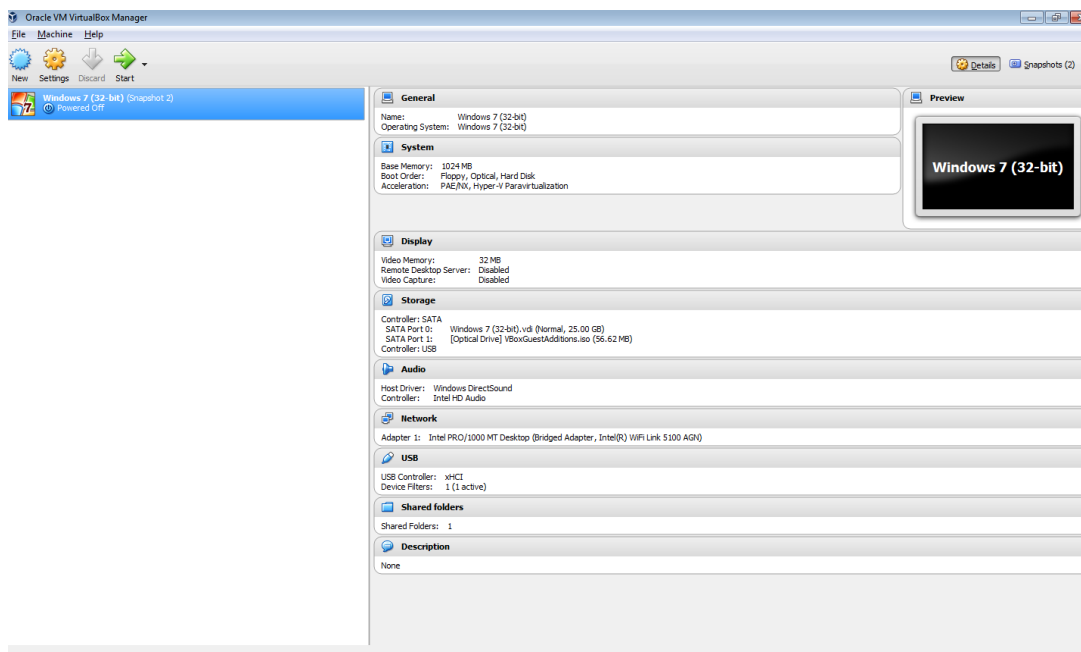
Актуелна верзија **VirtualBox**-а се такође може преузети са горе наведеног сајта, и његова инсталација није претерано захтевна. У овом раду је коришћена верзија 5.1.12., а *host OS* на коме је инсталиран **VirtualBox** је Windows 7 са 64-битним оперативним системом.

Стартујући од верзије 4.0, **VirtualBox** пакет је подељен на следеће компоненте:

- Основни пакет (*base package*) – садржи све *open-source* компоненте, са лиценцом GNU General Public License V2
- Додатни проширени пакети (*additional extension packs*) – омогућују додатне функционалности основном пакету (неки од примера су: подршке за виртуелне USB 2.0 и 3.0 уређаје, подршка за VRDP-*VirtualBox Remote Desktop Protocol*, подршка за *host webcam*...) [7]
- Поред наведених компоненти, постоји и *VirtualBox Guest Additions* пакет намењен *guest* оперативном систему, унутар кога се инсталира овај пакет како би се омогућила боља интеграција са *host* оперативним системом и унапредила интерактивност *guest OS*.

На слици 3.1.2. је приказан *VirtualBox Manager* прозор, графички интерфејс (GUI) **VirtualBox**-а у коме се врши креирање, подешавање и управљање виртуелним машинама (на слици је приказана само једна креирана VM). Поред овог интерфејса, **VirtualBox**-ом и

његовим виртуелним окружењем може се управљати и из командне линије (CLI) и овај интерфејс се зове *VBoxManage*.



Слика 3.1.2. VirtualBox Manager прозор

На основу оваквог начина реализације виртуелизације на рачунару, омогућава се да се на једном хардверском уређају на коме је инсталиран само један оперативни систем, могу истовремено покренути више независних виртуелних оперативних система са свим својим програмима и сервисима који раде на тим виртуелним оперативним системима. Навешћемо само неке од многобројних предности оваквог начина рада:

- Боље искоришћење расположивих ресурса (могу се извршавати више различитих програма/апликација/сервиса који захтевају рад под различитим оперативним системима).
- Веће уштеде електричне енергије (мање енергије је потребно једном рачунару са свим својим виртуелним машинама уместо свих рачунара који би морали да обављају улогу коју има свака виртуелна машина).
- Уштеде у простору који би био потребан за рад конвенционалних рачунара са једним оперативним системом, који имају улоге као свака виртуелна машина која се покреће на једном рачунару са омогућеном виртуелизацијом.
- Флексибилност ИТ сервиса који се налазе у виртуелном окружењу.
- Поузданост у раду у случају отказа програма/апликација/сервиса/оперативног система у оквиру виртуелне машине, при чему се не нарушава рад *host OS*. Ово је веома значајна и битна карактеристика у условима тестирања рада и перформанси неког софтвера/ИТ сервиса/мрежних ресурса.

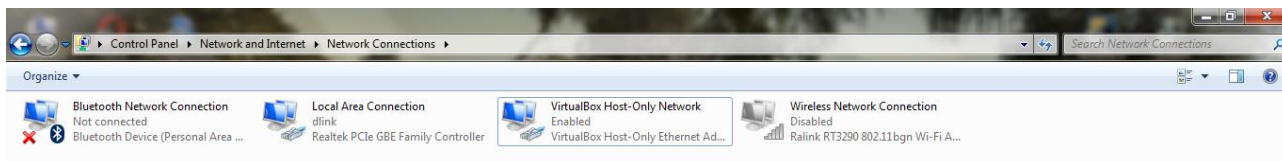
У наставку излагања овог рада, на конкретним примерима биће приказан, између осталог, значај виртуелизације као напредне ИТ технологије која пружа непрестан развој у ИТ свету.

4. ASTERISK ВИРТУЕЛНА МАШИНА

У овом поглављу биће приказана сва потребна подешавања као и сама инсталација софтвера **AsteriskNOW** у оквиру **VirtualBox**-а, ради креирања **Asterisk** комуникационог сервера као виртуелне машине. Такође, биће приказан и објашњен рад са веб-апликацијом **FreePBX** која представља графички интерфејс **Asterisk** сервера, и која ће се користити за креирање и управљање **Asterisk** PBX системом.

4.1. Подешавање мрежних параметара за рад у виртуелном окружењу

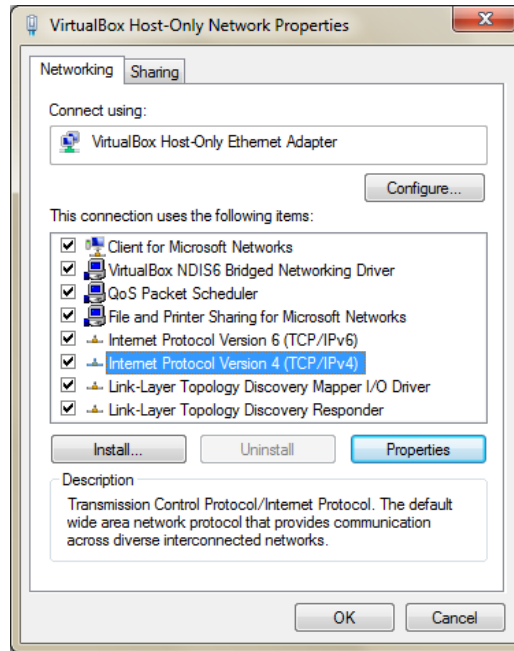
Након инсталације **VirtualBox** софтвера у *host* оперативном систему Windows 7, креира се *VirtualBox Host-Only Network* картица међу осталим мрежним картицама, за подршку мрежним ресурсима унутар виртуелног окружења. Ова картица може се наћи на следећој путањи *Control Panel* → *Network and Sharing Center* → *Change adapter settings* и приказана је на слици 4.1.1.



Слика 4.1.1. *VirtualBox Host-Only Network* картица

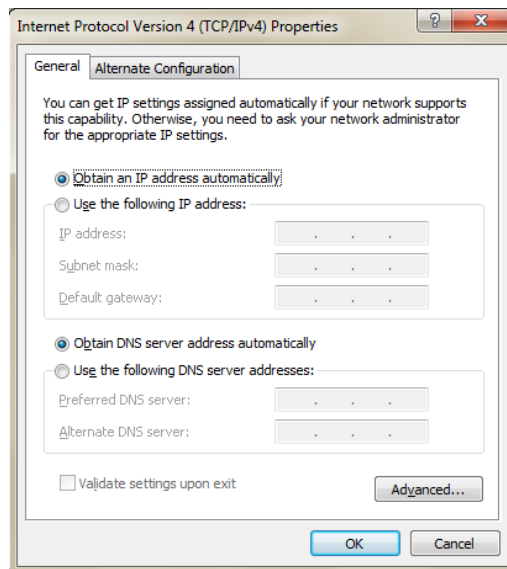
У *Network Connection Details* прозору ове мрежне картице може се видети да је овом виртуелном мрежном адаптеру додељена статичка IPv4 адреса (у конкретном случају то је 192.168.56.1) и IPv4 *Subnet Mask* (255.255.255.0). Да бисмо обезбедили рад **Asteriska** као VM, али и касније креирање још две виртуелне машине које ће заједно са **Asterisk** VM чинити виртуелни IP PBX систем, потребно је **VirtualBox** мрежном адаптеру омогућити DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) сервер који ће доделити потребне динамичке IPv4 адресе (у даљем тексту IP адресе) новокреираној VoIP телефонији у оквиру кућне приватне мреже. То се постиже на следећи начин:

- У оквиру *VirtualBox Host-Only Network Properties* прозора потребно је изабрати опцију означену као на слици 4.1.2. и кликнути на *Properties* дугме.



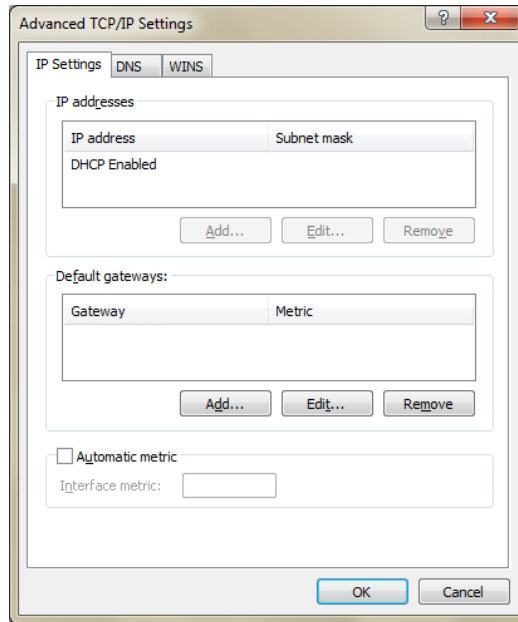
Слика 4.1.2. *VirtualBox Host-Only Network Properties* прозор

- Појављује се прозор као на слици 4.1.3., и потребно је означити опције *Obtain an IP address automatically* и *Obtain DNS server address automatically*, и кликнути на *Advanced* дугме.



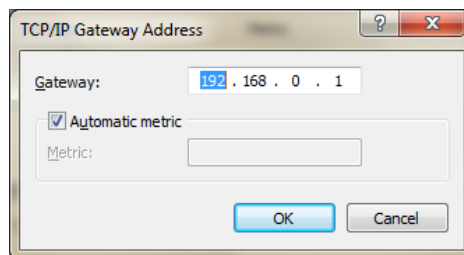
Слика 4.1.3. *Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties* прозор

- Затим се појављује прозор као на слици 4.1.4., где се може видети да је DHCP омогућен, али је потребно унети *Default Gateway* адресу кућног рутера, која ће такође бити и адреса DHCP сервера. Унос *Default Gateway* адресе ради се кликом на *Add* дугме.

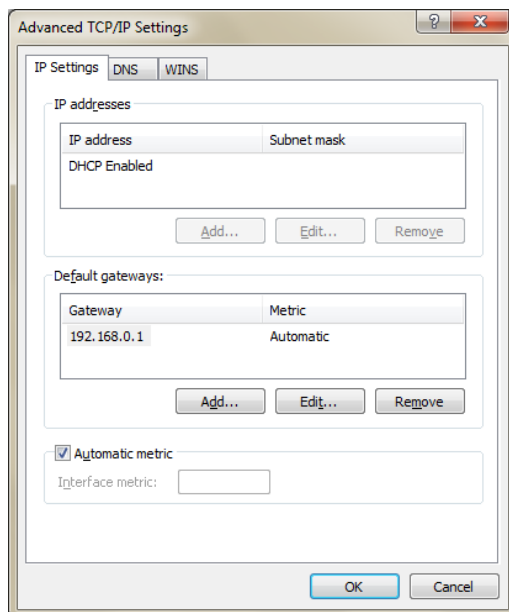


Слика 4.1.4. *Advanced TCP/IP Settings* прозор

- На слици 4.1.5. су приказани постављени параметри након клика на *Add* дугме са претходне слике, док је на слици 4.1.6. приказан *Advanced TCP/IP Settings* прозор после постављених параметара.



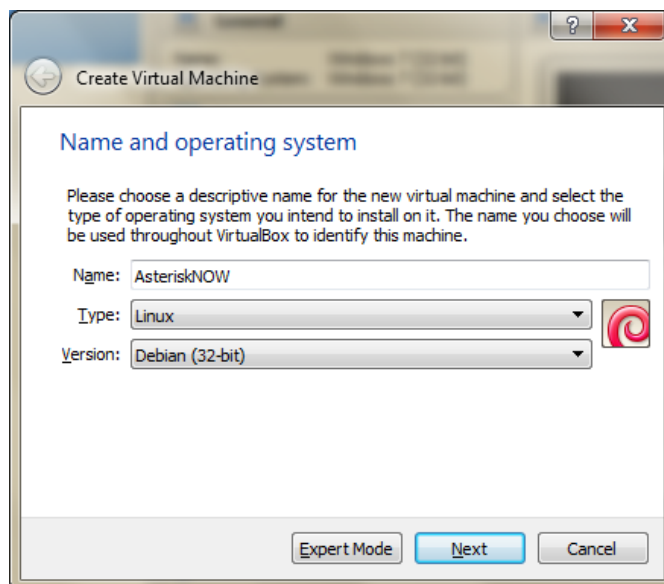
Слика 4.1.5. *TCP/IP Gateway Address* прозор



Слика 4.1.6. *Advanced TCP/IP Settings* прозор после постављених параметара у *TCP/IP Gateway Address* прозору

4.2. Креирање Asterisk VM

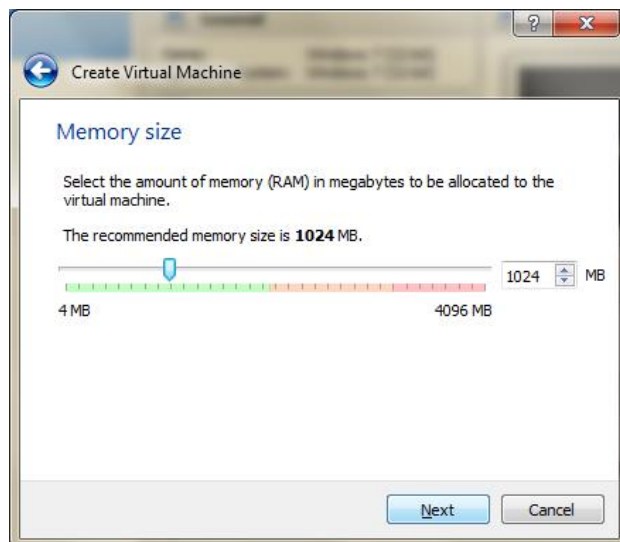
Само креирање **Asterisk VM** у **VirtualBox** графичком интерфејсу је врло једноставно и интуитивно. Након клика на дугме *New* у оквиру *VirtualBox Manager* прозора (који је приказан на слици 3.1.2.), отвара се *Create Virtual Machine* прозор и започиње процес креирања виртуелне машине. На наредним сликама је приказан тај процес:



Слика 4.2.1. *Create Virtual Machine* прозор (*Name and operating system*)

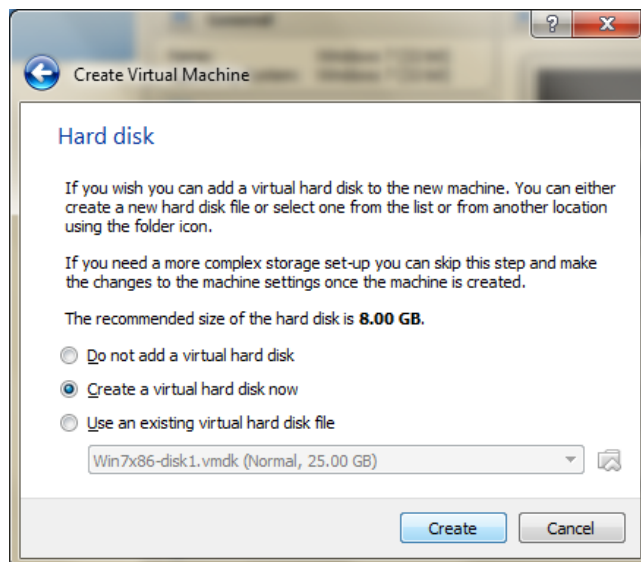
- Као што је приказано на слици 4.2.1. потребно је унети име (*Name*), тип OS (*Type*) и верзију OS (*Version*). Име може бити произвољно (у овом случају је **AsteriskNOW** због инсталације истоименог софтвера у оквиру ове VM), док је за тип OS

потребно изабрати Linux, а за верзију OS може се изабрати Debian, Fedora или CentOS у зависности од верзије **AsteriskNOW** софтвера (у овом случају изабран је Debian 32-битни OS зато што ће бити инсталиран **AsteriskNOW** за 32-битне системе).



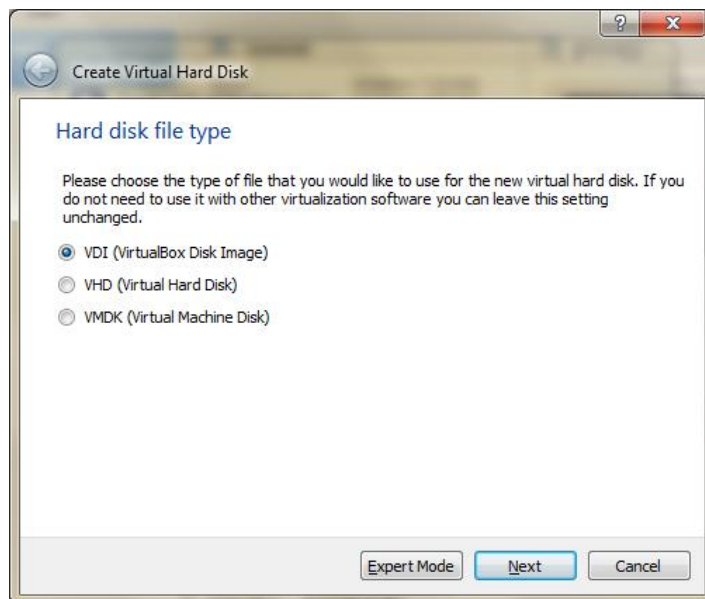
Слика 4.2.2. *Create Virtual Machine* прозор (*Memory size*)

- Кликом на дугме *Next* са претходне слике, отвара се прозор као на слици 4.2.2., где је потребно изабрати величину RAM меморије која ће бити коришћена на *host* рачунару када се покрене VM. У овом случају, остављамо препоручену величину.



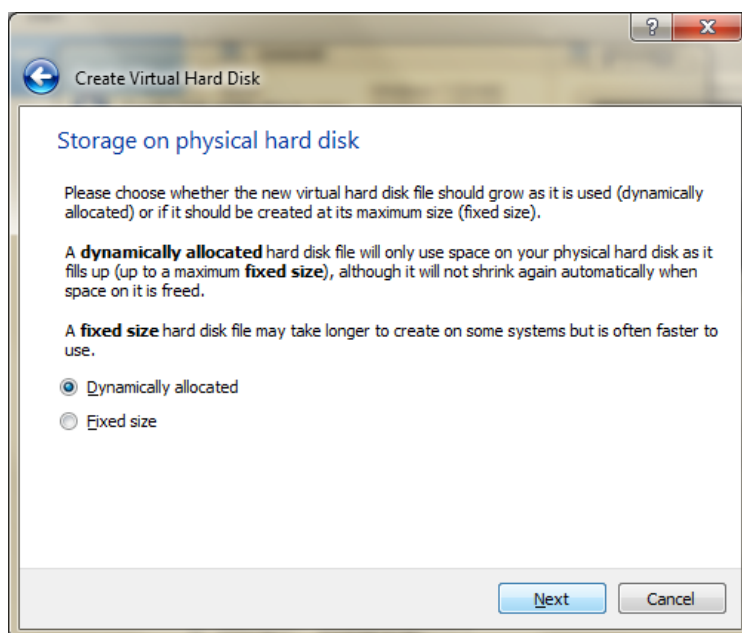
Слика 4.2.3. *Create Virtual Machine* прозор (*Hard disk*)

- Након избора величине RAM меморије, отвара се следећи прозор као на слици 4.2.3., где је потребно дефинисати да ли ће се и како користити виртуелни хард диск. У нашем случају, креирамо нови виртуелни хард диск (који ће бити креиран као један фајл на хард диску *host* рачунара) у коме ће бити смештен инсталиран **Asterisk** сервер.



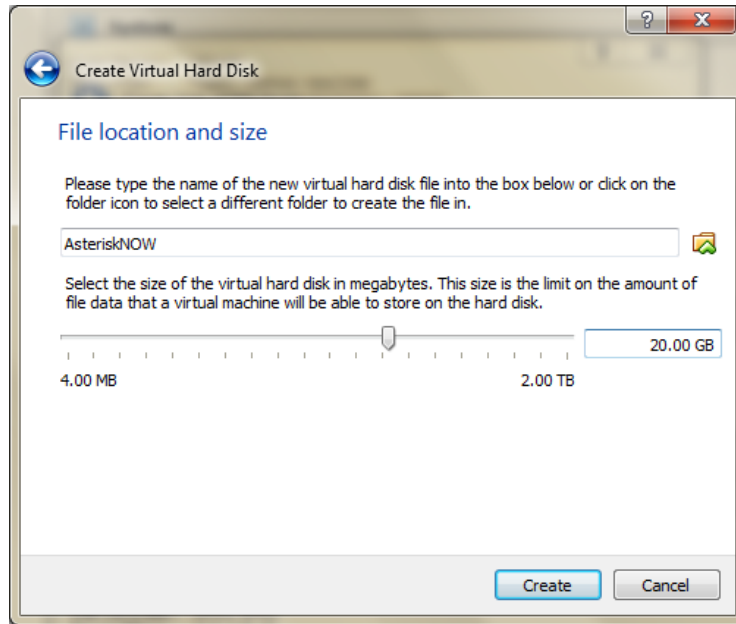
Слика 4.2.4. *Create Virtual Hard Disk* прозор (*Hard disk file type*)

- Кликом на *Create* дугме са претходне слике, отвара се *Create Virtual Hard Disk* прозор као на слици 4.2.4. и започиње процес дефинисања потребних параметара новокреираног виртуелног хард диска. На наведеној слици, прво се бира адекватан тип фајла за нови виртуелни хард диск. С обзиром да нећемо користити други софтвер за виртуелизацију, остављамо избор по *default* вредности.



Слика 4.2.5. *Create Virtual Hard Disk* прозор (*Storage on physical hard disk*)

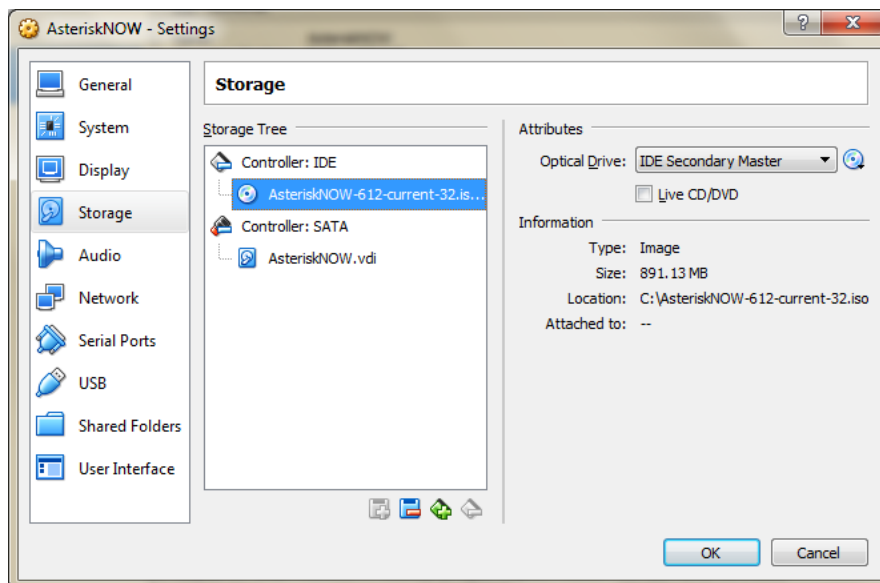
- Следеће дефинисање параметара у вези новог виртуелног хард диска је избор динамичке или фиксне величине овог хард диска. Објашњење у вези значења ових појмова дато је на слици 4.2.5. Ми ћемо изабрати *default* вредност, а то је динамичка величина виртуелног хард диска, која је између осталог, и најчешћи избор у креирању нове виртуелне машине.



Слика 4.2.6. *Create Virtual Hard Disk* прозор (*File location and size*)

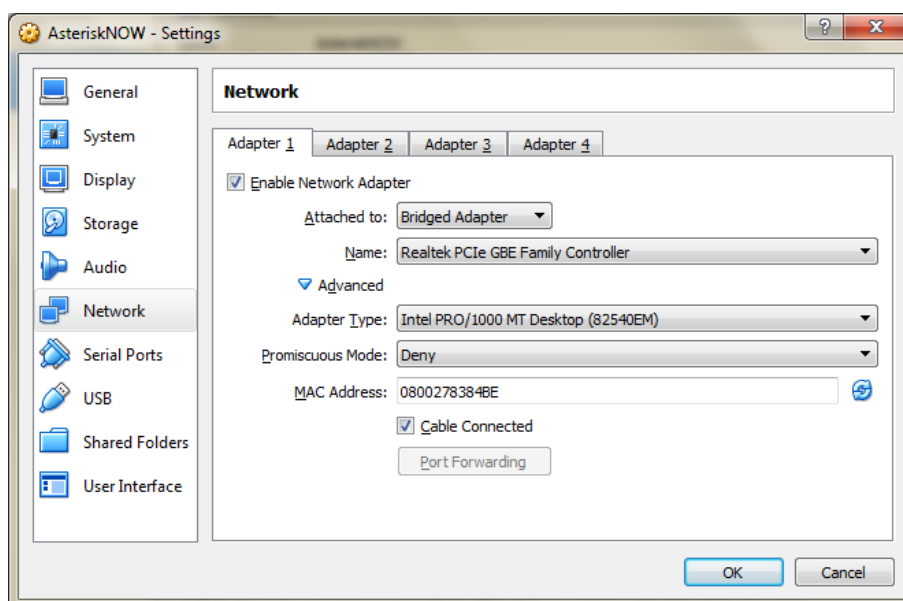
- Последњи прозор у процесу креирања новог виртуелног хард диска, чиме се такође завршава процес дефинисања неопходних параметара за креирање нове виртуелне машине, приказан је на слици 4.2.6. У првом делу потребно је дефинисати име фајла виртуелног хард диска као и његову путању у којој ће бити смештен (ми остављамо исто име хард диска као име VM). Други део се односи на дефинисање границе за величину података на виртуелном хард диску који се могу сместити у оквиру дате виртуелне машине (ми ћемо изабрати 20 GB).

Након дефинисања најважнијих параметара за креирање **Asterisk VM**, потребно је извршити додатна мрежна подешавања као и убацивање **AsteriskNOW ISO** (*ISO-International Organization for Standardization*) фајла (који представља инсталациони фајл, и који је преузет са сајта <http://www.asterisk.org/downloads/asterisknow> о чему је било више речи у одељку 2.3.1.) унутар виртуелног CD-а (*CD-Compact Disc*). Ово се све подешава у оквиру *Settings* прозора, кликом на истоимено дугме унутар *VirtualBox Manager* прозора.



Слика 4.2.7. *Settings* прозор (*Storage*)

- Као што је приказано на слици 4.2.7., унутар виртуелног CD-а убачен је AsteriskNOW-612-current-32.iso инсталациони фајл, који је потребно пронаћи на *host* хард диску кликом на сличицу за CD, у оквиру *Optical Drive* опције. Након првог покретања **Asterisk** VM овај фајл ће покренути инсталациони процес **AsteriskNOW** софтвера.

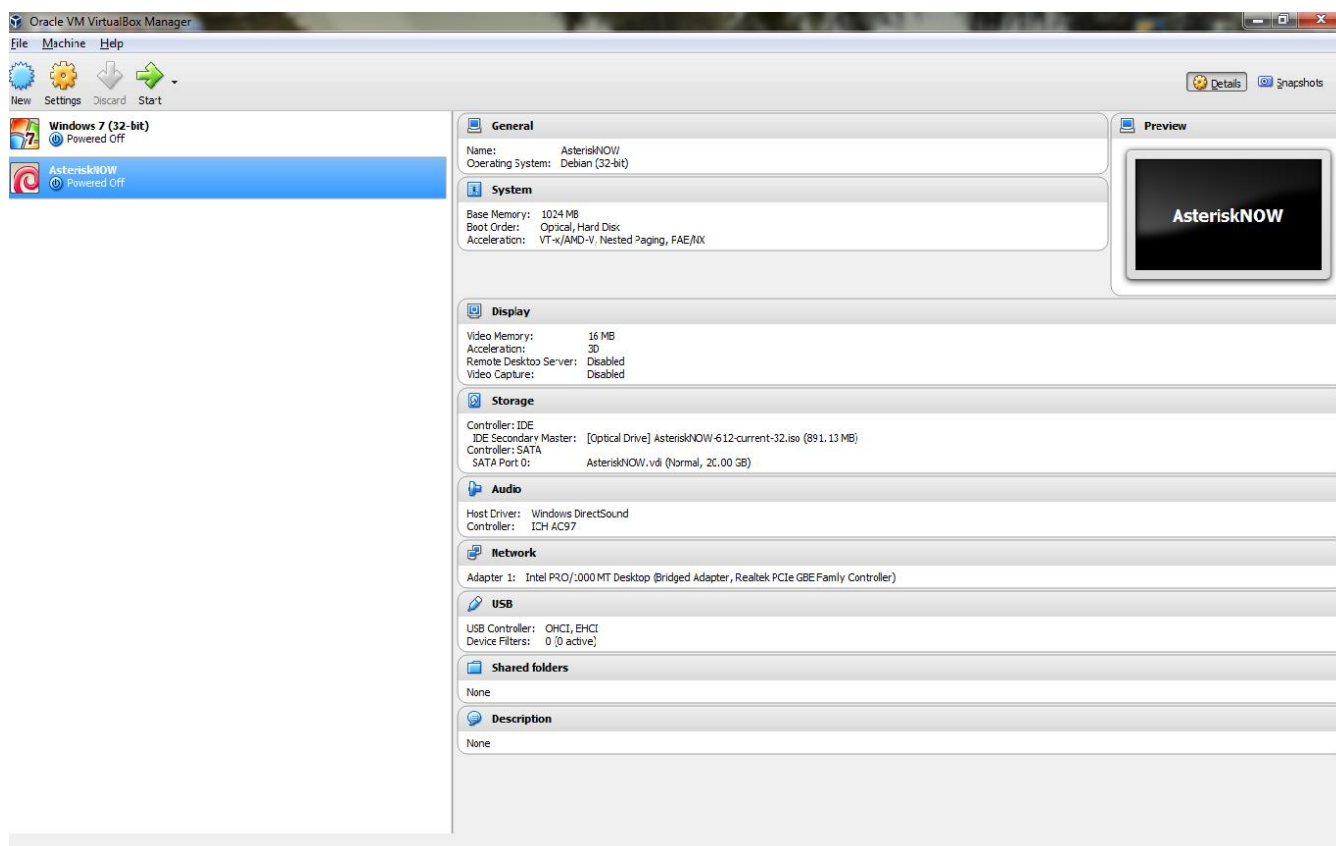


Слика 4.2.8. *Settings* прозор (*Network*)

- На слици 4.2.8. приказана су мрежна подешавања, и ово је веома битно за адекватан рад **Asterisk** сервера у виртуелном окружењу. Најпре, може се приметити да се једној виртуелној машини може доделити до 4 виртуелна мрежна адаптера из **VirtualBox** GUI (у **VirtualBox** CLI може се доделити до 8 виртуелних мрежних адаптера за сваку VM). Ми користимо само један мрежни адаптер (*VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter* који се може видети у *Control Panel Network*

подешавањима, о чему је било више речи у 4.1 потпоглављу). У зависности од тога на који начин виртуелна машина треба да буде доступна на мрежи, мрежни адаптер се подешава у оквиру *Attached to* опције бирањем једног од понуђених модова. Ми бирамо *Bridged Adapter* који се препоручује у **VirtualBox** корисничком упутству за покретање сервера у VM, и који омогућава повезивање на *host* мрежни адаптер размењујући мрежне пакете директно и при том заоблизећи пакете намењене *host OS*. У опцији *Name* потребно је изабрати *host* мрежни адаптер. У опцији *Adapter Type* може се изабрати један од шест типова мрежног хардвера које **VirtualBox** виртуелизује и који ће бити презентован у оквиру *guest OS*. Ми бирамо Intel PRO/1000 MT Desktop (82540EM) као чешћи избор, мада се може изабрати и неки други. Остале опције остављамо по *default* вредности.

Сва битна подешавања која су урађена у оквиру *Settings* прозора, могу се видети у *VirtualBox Manager* прозору, кликом на новокреирану **AsteriskNOW** VM, као што је приказано на слици 4.2.9.

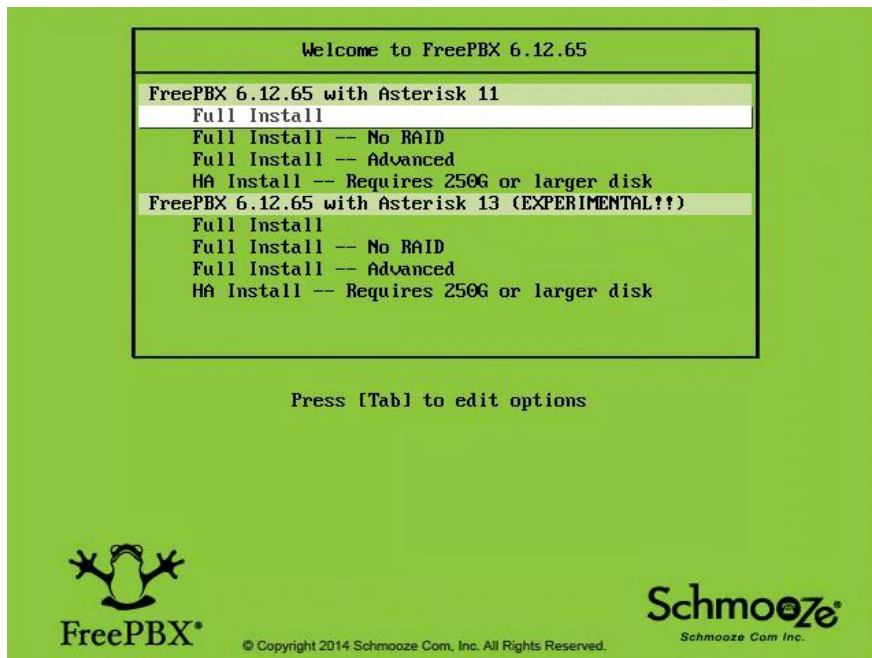


Слика 4.2.9. AsteriskNOW VM у *VirtualBox Manager* прозору

4.3. Инсталација AsteriskNOW софтвера

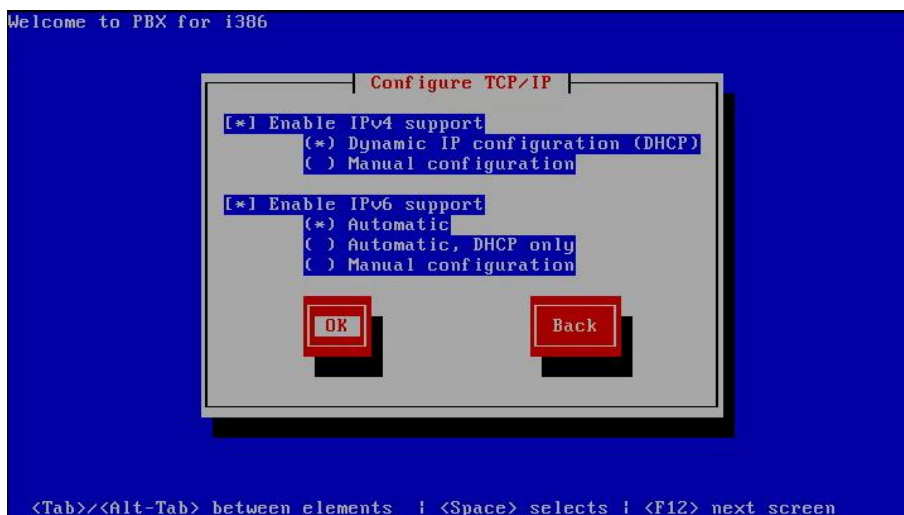
Инсталациони процес **AsteriskNOW** софтвера покреће се након првог пуштања у рад **Asterisk** виртуелне машине кликом на *Start* дугме унутар *VirtualBox Manager* прозора. Захваљујући опцији *Video Capture* (која се подешава у оквиру *Settings* прозора у делу *Display*)

која омогућава снимање рада виртуелне машине након њеног стартовања, ова могућност је искоришћена како би се снимио цео инсталациони процес и најважнији сегменти искористили у циљу бољег објашњења овог дела рада. Ти сегменти су приказани на наредним сликама:



Слика 4.3.1. Почетак инсталације AsteriskNOW

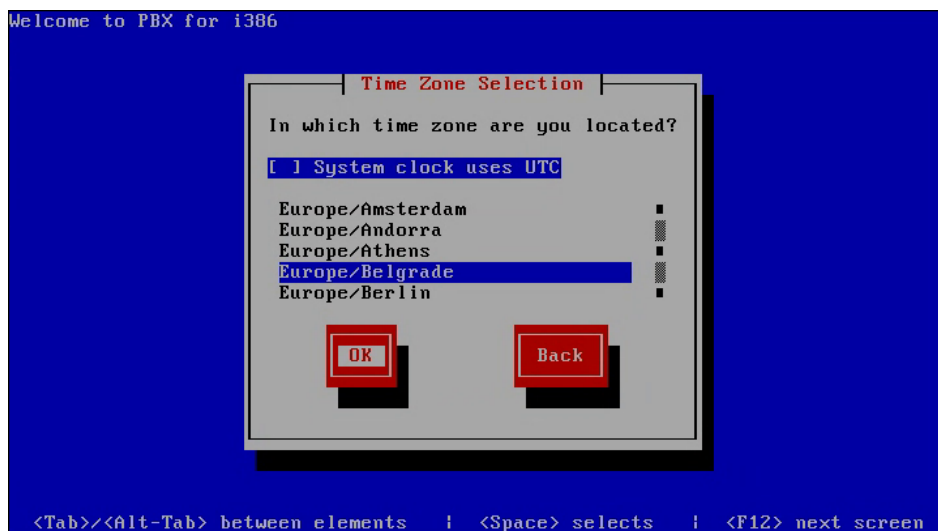
- Почетак инсталације приказан је на слици 4.3.1., и односи се на избор **Asterisk** верзије као и врсте конфигурисања система. Ми бирамо *default* вредност а то је *Full Install* у оквиру прве **Asterisk** верзије.



Слика 4.3.2. TCP/IP конфигурација

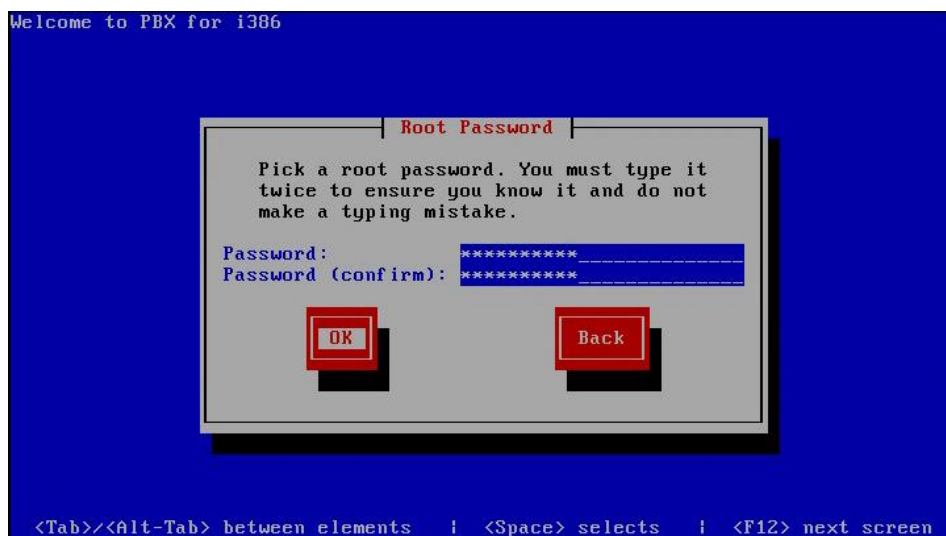
- Након избора **Asterisk** верзије и врсте конфигурисања система, појављују се командне линије у оквиру конзолног интерфејса, које се, између осталог, односе на припрему за инсталацију Linux кернела као и мрежних параметара. Након тога

појављује се прозор као на слици 4.3.2. где је потребно изабрати одговарајућу TCP/IP конфигурацију, а избор је урађен као на датој слици.



Слика 4.3.3. Избор временске зоне

- После TCP/IP конфигурације, врши се конфигурисање мрежних параметара. Затим се појављује прозор са избором временске зоне као на слици 4.3.3.



Слика 4.3.4. *Root Password*

- Затим је потребно унети жељени *root password* као што је приказано на слици 4.3.4. *Root password* је шифра која ће се касније користити при *login* процесу у Linux *command prompt*.

```
Testing for internet access
Internet Access Test Passed

Updating all FreePBX modules. This can take a couple of minutes.

Enabling FreePBX Commercial modules. This can take a couple of minutes.

Reload FreePBX with all new modules now

Restart Asterisk to load all the new modules now

Running updatedb to update DB for locate command. This can take a minute.
_
```

Слика 4.3.5. Крај инсталационог процеса

- Након уноса *root password*, започиње се свеобухватни инсталациони процес (са *progress bar* индикатором) Linux кернела, **Asterisk** језгра и његових модула, као и **FreePBX** софтверског пакета. Овај процес би требало да траје између 20 и 30 минута. Након тога, врши се *rebooting* система а затим се појављују извршне командне линије као на слици 4.3.5. које представљају завршницу инсталационог процеса.

```
SHMZ release 6.5 (Final)
Kernel 2.6.32-431.el6.i686 on an i686

localhost login: root
Password:

          _ _ _ _ _
         / / / / /
        / / / / /
       / / / / /
      / / / / /
     / / / / /
    / / / / /
   / / / / /
  / / / / /
 / / / / /
/_/_/_/_/_

Interface eth0 IP: 192.168.0.174
Interface eth0 MAC: 08:00:27:83:84:BE

Please note most tasks should be handled through the FreePBX UI.
You can access the FreePBX GUI by typing one of the above IP's in to your web browser.
For support please visit http://www.freepbx.org/support-and-professional-services

[root@localhost ~]# _
```

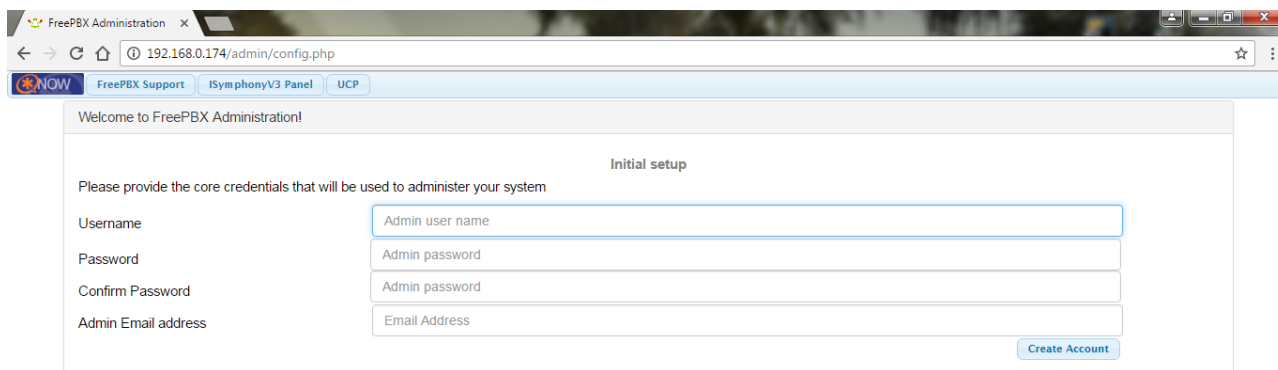
Слика 4.3.6. Приказ IP адресе AsteriskNOW PBX сервера

- Након завршеног инсталационог процеса, појављује се Linux *command prompt login* (приказано на слици 4.3.6.) где је потребно за *username* (у делу *localhost login*) унети „*root*“ а за *Password* унети претходно дефинисани *root password*. Након тога се појављује остатак дела интерфејса након правилно унетог *Password*-а, са IP адресом **Asterisk** сервера (адреса је 192.168.0.174), која ће се потом користити за приступ **FreePBX** административном GUI. Занимљиво је обратити пажњу да MAC (*Media Access Control*) адреса **Asterisk** сервера представља MAC адресу **AsteriskNOW VM** која се може видети са слике 4.2.8.

4.4. FreePBX GUI

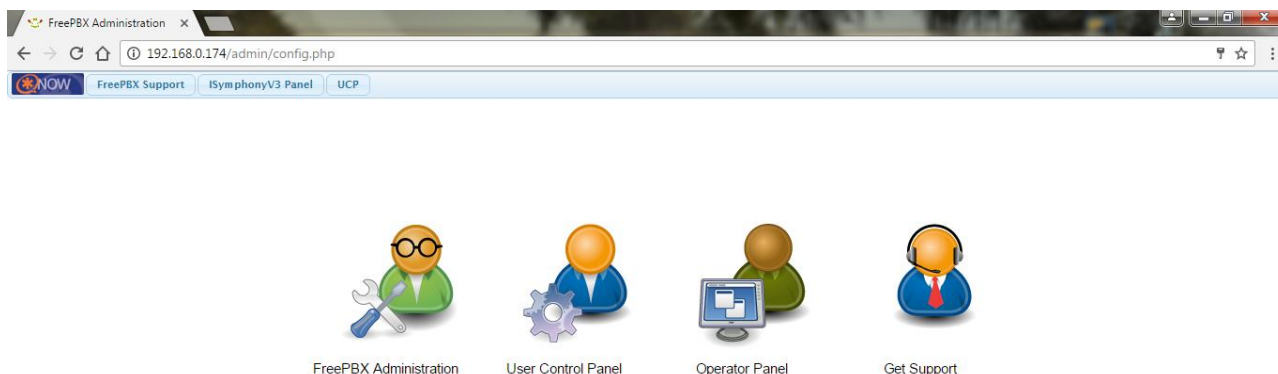
Као што је речено у одељку 2.3.1., **FreePBX** је *open-source* веб-апликација која представља графички интерфејс (GUI) за управљање **Asterisk** комуникационим сервером, омогућавајући једноставнију и прегледнију реализацију PBX система. Компанија *Sangoma Technologies* је званични спонзор **FreePBX** пројекта.

Да бисмо приступили **FreePBX** GUI-у, у *web browser host* оперативног система уписујемо IP адресу **Asterisk** сервера која је 192.168.0.174. Тада се појављује веб-страница као на слици 4.4.1.



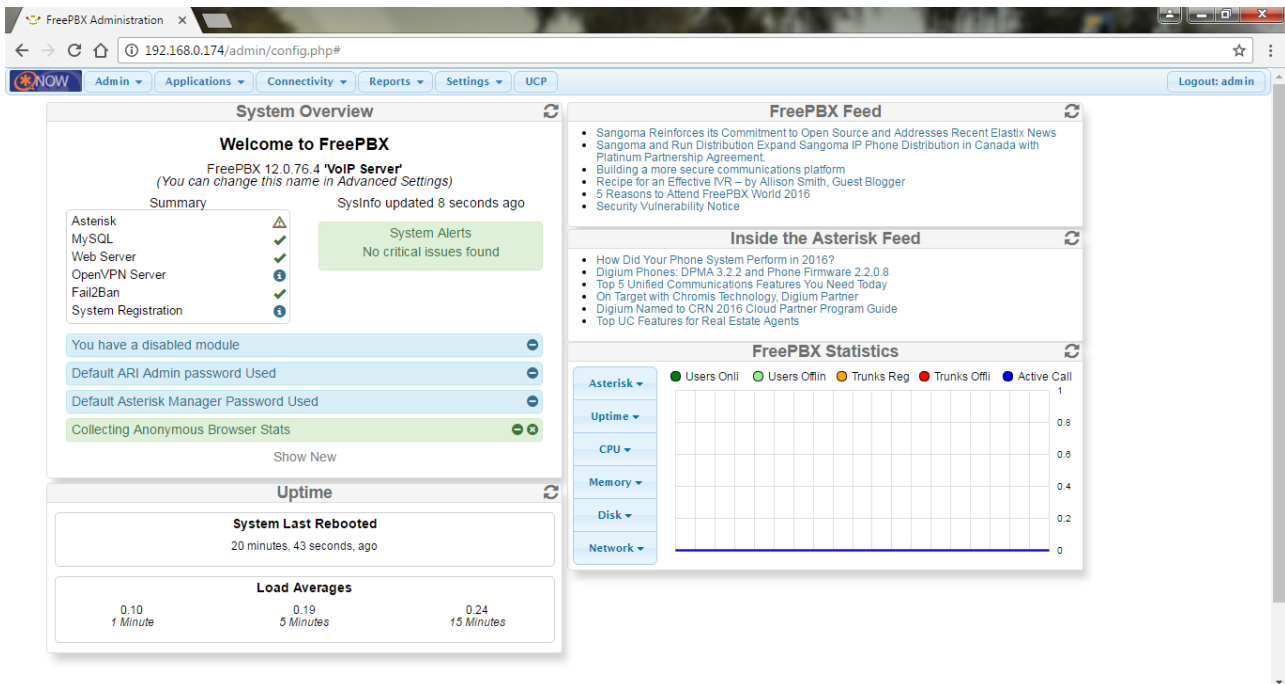
Слика 4.4.1. FreePBX GUI

Најпре је потребно креирати администраторски налог, који се састоји од података приказаних на слици 4.4.1. Након тога, појављује се главни **FreePBX** мени који нуди 4 опције (слика 4.4.2.).



Слика 4.4.2. Главни FreePBX мени

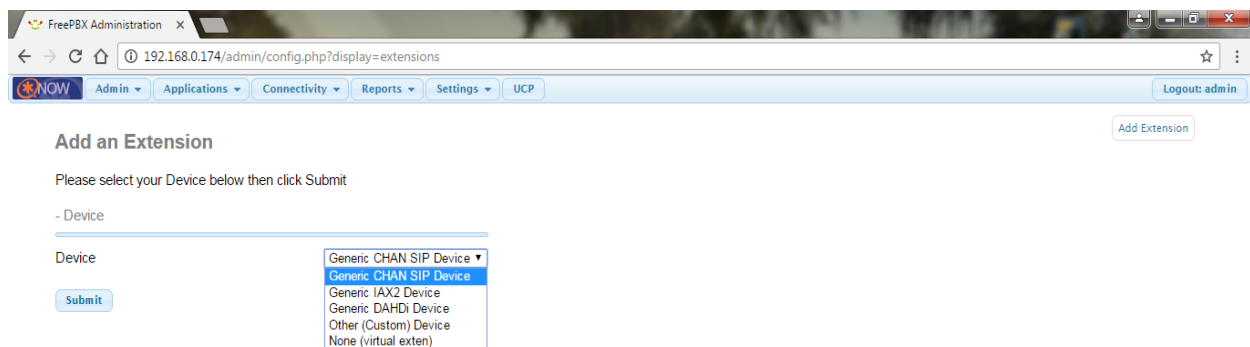
Опцији *FreePBX Administration* ћемо једино приступати за потребе овог рада, пошто она нуди све потребне параметре за администрирањем и управљањем **Asterisk** PBX система.



Слика 4.4.3. Главни *FreePBX Administration* мени

Након одабира опције *FreePBX Administration* и *Login* процедуре (у којој се тражи *Username* и *Password* на основу података из администраторског налога приказаног на слици 4.4.1.), појављује се страница као на слици 4.4.3., која представља главни *FreePBX Administration* мени у оквиру кога се прати тренутни статус PBX система, и из кога се врше сва подешавања и управљања PBX системом на основу падајућих менија (скупа модула) *Admin*, *Applications*, *Connectivity*, *Reports* и *Settings*.

Ради креирања VoIP комуникације (о чему ће детаљније бити речи у наредном поглављу), најважнији модул који ће се користити је *Extensions* који се налази у оквиру *Applications* скупа модула. У *Extensions* се креирају налози (екстензије) и подешавају параметри унутар сваке екстензије који ће се потом користити за подешавање IP уређаја као крајњег терминала у VoIP мрежи.



Слика 4.4.4. *Extensions* модул

5. СИМУЛАЦИЈЕ VoIP PBX СИСТЕМА

Ово поглавље биће посвећено реализацији VoIP PBX система коришћењем **FreePBX** графичког интерфејса за управљање **Asterisk** сервером, као и могућим решењима за наведени систем. Такође, биће објашњена употреба апликације која ће се користити као крајњи терминал у имплементираној VoIP комуникацији.

5.1. Потребни услови за реализацију IP PBX система

Протоколи који ће се користити у VoIP комуникацији биће SIP протокол за сигнализацију и RTP протокол за пренос корисничких података.

Најважније компоненте VoIP PBX система у овом раду биће **Asterisk** сервер и IP крајњи терминал. **Asterisk** сервер има улогу телефонске централе и имплементиран је као виртуелна машина, и са њим се комуницира посредством **FreePBX** GUI-а коме се приступа преко *web browser-a host* оперативног система. IP крајњи терминал у овом случају биће *softphone* апликација **ZoiPer** која има улогу IP телефона, и која ће бити коришћена на рачунару и мобилном телефону ради успоставе IP телефонских позива.

ZoiPer softphone апликација препоручена је од стране **Asterisk** заједнице, и може се наћи на сајту <http://www.zoiper.com/en>. Апликација се може преузети за рачунаре са инсталираним Windows, Mac и Linux оперативним системима, као и за Android, iOS и Windows Phone 8 мобилне телефоне. У овом раду су коришћене верзије за Windows оперативни систем и iOS мобилни телефон.

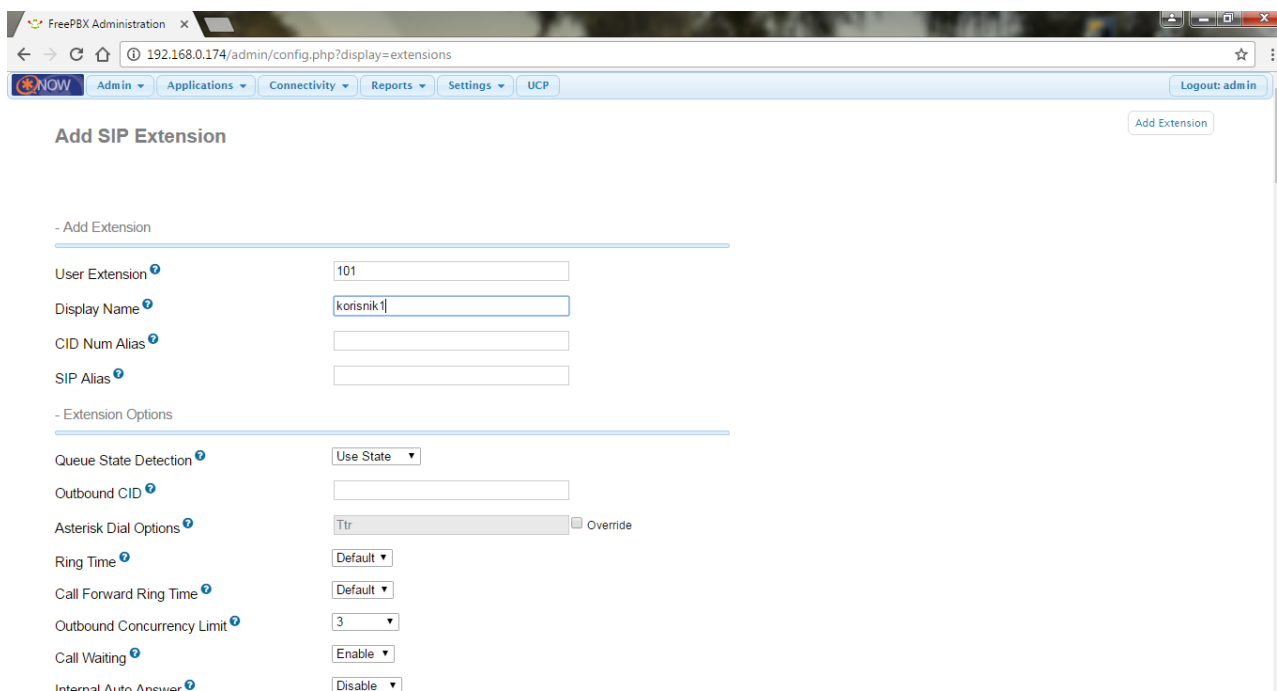


Слика 5.1.1. ZoiPer лого

5.2. Реализације IP PBX система коришћењем Asterisk сервера

У оквиру овог потпоглавља биће приказане и објашњене различите реализације PBX система коришћењем **Asterisk** сервера као IP PBX телефонске централе, која се налази у виртуелном окружењу. IP крајњи терминали који ће се користити у овом раду биће два рачунара са Windows 7 OS, један iOS *smartphone* мобилни телефон и две виртуелне машине на којима је такође инсталиран Windows 7 OS. Сви наведени терминали поседују одговарајуће верзије *softphone* апликације **ZoiPer** која има улогу IP телефона. Ради бољег објашњавања, рачунар који ће се користити само као IP терминал зваћемо „рачунар 1“, док ћемо „рачунар 2“ звати рачунар на којем је инсталиран **VirtualBox** и креиране три виртуелне машине (једна VM се користи за **Asterisk** сервер, а друге две ће се користити само као IP терминали), и који ће се такође користити као IP терминал на основу инсталиране *softphone* апликације **ZoiPer** у *host OS*.

Да бисмо успоставили VoIP комуникацију између наведених IP терминала, потребно је прво подесити њихове параметре у оквиру **FreePBX** GUI-а, односно креирати екстензије за сваки од IP терминала. Као што је приказано на слици 4.4.4., бирамо опцију „*Generic CHAN SIP Device*“ за креирање екстензије IP уређаја који подржава SIP сигнализацију. Након одабира, појављује се велики број параметара које је могуће подесити у оквиру једне екстензије, али ми ћемо за сваку екстензију подесити најосновније параметре потребне за успоставу VoIP комуникације. На следећим сликама биће приказано подешавање параметара за једну екстензију (укупно ћемо креирати 5 екстензија у оквиру наше VoIP мреже).



FreePBX Administration

192.168.0.174/admin/config.php?display=extensions

Admin Applications Connectivity Reports Settings UCP Logout: admin

Add SIP Extension

Add Extension

- Add Extension

User Extension

Display Name

CID Num Alias

SIP Alias

- Extension Options

Queue State Detection

Outbound CID

Asterisk Dial Options Override

Ring Time

Call Forward Ring Time

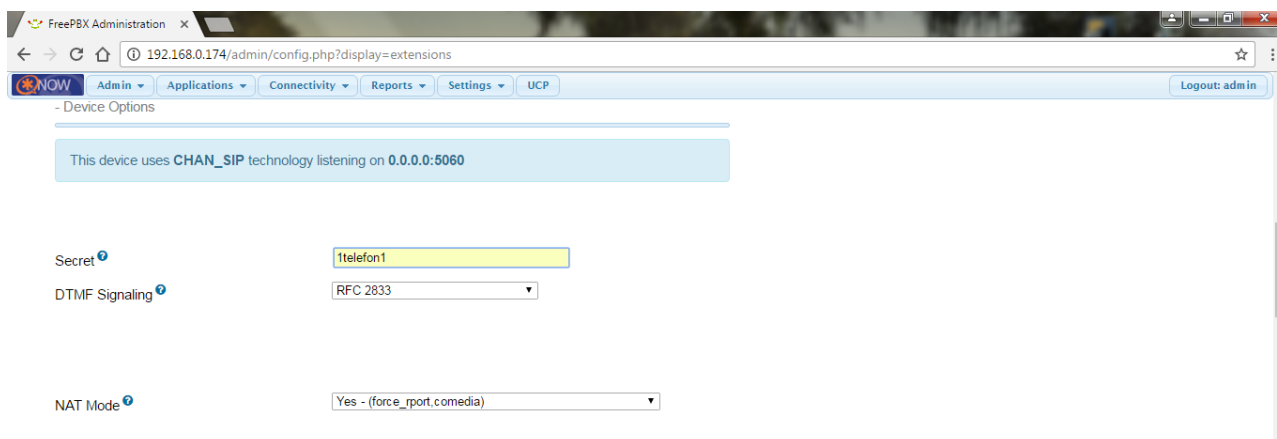
Outbound Concurrency Limit

Call Waiting

Internal Auto Answer

Слика 5.2.1. Креирање SIP екстензије (први део)

- Као што је приказано на слици 5.2.1., у оквиру поља *User Extension* потребно је унети број који ће бити додељен IP терминалу. Препоручује се унос од 3 или 4 цифре (у овом случају то је број 101). Затим, потребно је попунити поље *Display Name* које означава идентификацију IP терминала која ће бити приказана у току успоставе везе другим терминалима (овде је то „korisnik1“).



FreePBX Administration

192.168.0.174/admin/config.php?display=extensions

Admin Applications Connectivity Reports Settings UCP Logout: admin

- Device Options

This device uses CHAN_SIP technology listening on 0.0.0.0:5060

Secret

DTMF Signaling

NAT Mode

Слика 5.2.2. Креирање SIP екстензије (други део)

- Следеће поље које треба попунити је *Secret* које се налази у оквиру *Device Options* параметара (слика 5.2.2.). Ово поље је аутоматски генерисано низом случајних слова и цифара, и представља шифру помоћу које се дати IP терминал пријављује на систем. Препоручено је креирање шифре од најмање 2 слова и 2 цифре, па је у овом случају то „1telefon1“.

Слика 5.2.3. Креирање SIP екстензије (трећи део)

- Након попуњеног *Secret* поља, кликнути на *Submit* дугме на дну странице како би се потврдио унос параметара за екстензију 101 (слика 5.2.3.).

Слика 5.2.4. Креирање SIP екстензије (четврти део)

- Кликом на *Submit* дугме отвара се страница као на слици 5.2.4., где је понуђен избор креирања нове екстензије, као и тренутно стање свих креираних екстензија (у овом случају је креирана само екстензија korisnik1 <101>), али и могућност потврде свих претходних промена на серверу кликом на дугме *Apply Config*.

Поступак креирања екстензије 101 ћемо поновити и за остале 4 екстензије (102, 103, 104 и 105), при чему су одговарајући параметри дати у табели 5.2.1.:

Табела 5.2.1. Параметри екстензија 102, 103, 104 и 105

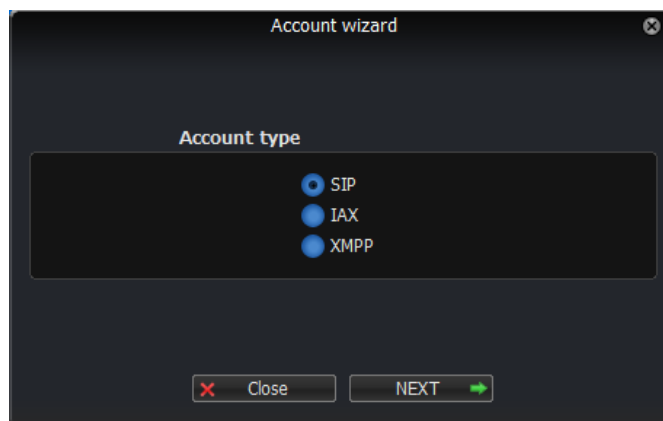
User Extension	Display Name	Secret
102	korisnik2	2telefon2
103	korisnik3	3telefon3
104	korisnik4	4telefon4
105	korisnik5	5telefon5

У наставку излагања биће приказана подешавања IP терминала на основу креираних екстензија, као и различите реализације VoIP комуникације између горе наведених IP терминала. Приказ и анализа VoIP комуникације обавиће се **Wireshark** бесплатном апликацијом која се може преузети са званичног сајта <https://www.wireshark.org/>, и која се користи за анализирање пакета и мрежног саобраћаја.

5.2.1. Прва варијанта: VoIP комуникација рачунара 1 и мобилног телефона

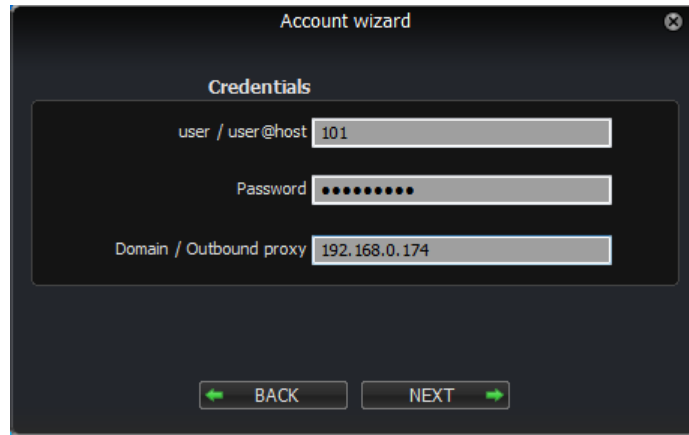
У овом одељку биће приказана реализација VoIP комуникације између рачунара 1 са IP адресом 192.168.0.133 (додељеном од DHCP сервера кућног рутера) и iOS мобилног телефона чија је IP адреса 192.168.0.149 (добijена на исти начин као и IP адреса рачунара 1). Најпре ће бити приказан поступак подешавања *softphone* апликације **ZoiPer** на рачунару 1, а затим и подешавања исте апликације на мобилном телефону.

Након инсталације *softphone* апликације **ZoiPer**, потребно је креирати налог (*account*) IP терминала са одговарајућим параметрима, ради учествовања у VoIP комуникацији. Параметри екстензије 101 биће додељени налогу *softphone* апликације на рачунару 1, у оквиру *Account wizard* прозора, приказаног на наредним сликама:



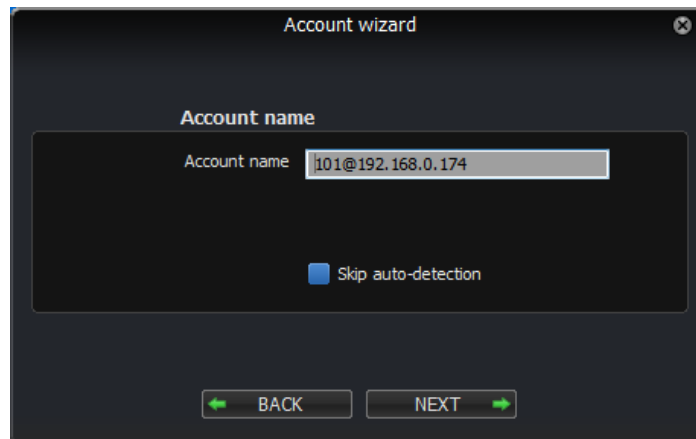
Слика 5.2.1.1. *Account wizard* прозор *softphone* апликације **ZoiPer** (први део)

Као што је приказано на слици 5.2.1.1., најпре се врши избор сигнализационог протокола. У оквиру наше VoIP мреже, користимо SIP протокол сигнализације.



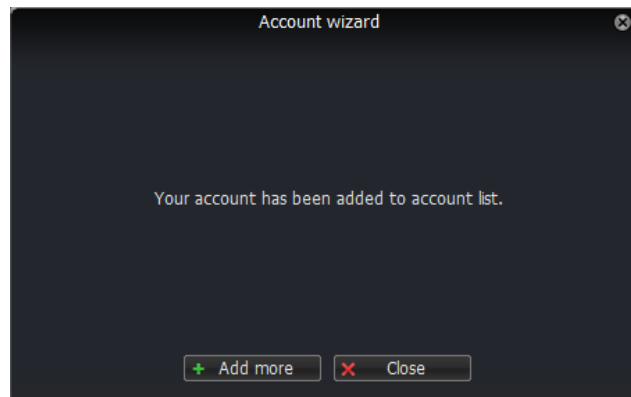
Слика 5.2.1.2. *Account wizard* прозор *softphone* апликације *ZoiPer* (други део)

Затим се дефинишу параметри приказани на слици 5.2.1.2. За „*user/user@host*“ користи се *User Extension* поље у оквиру екстензије, а то је у овом случају 101. Пољу „*Password*“ се додељује *Secret* поље из екстензије, па је то овде 1telefon1. У оквиру „*Domain/Outbound proxy*“ поља уписујемо IP адресу **Asterisk** сервера.



Слика 5.2.1.3. *Account wizard* прозор *softphone* апликације *ZoiPer* (трећи део)

Након додељених параметара приказаних на слици 5.2.1.2., појављује се прозор као на слици 5.2.1.3. где је потребно дефинисати име налога (*Account name*). Ово поље је аутоматски генерисано на основу претходних параметара, па ћемо тако и оставити.

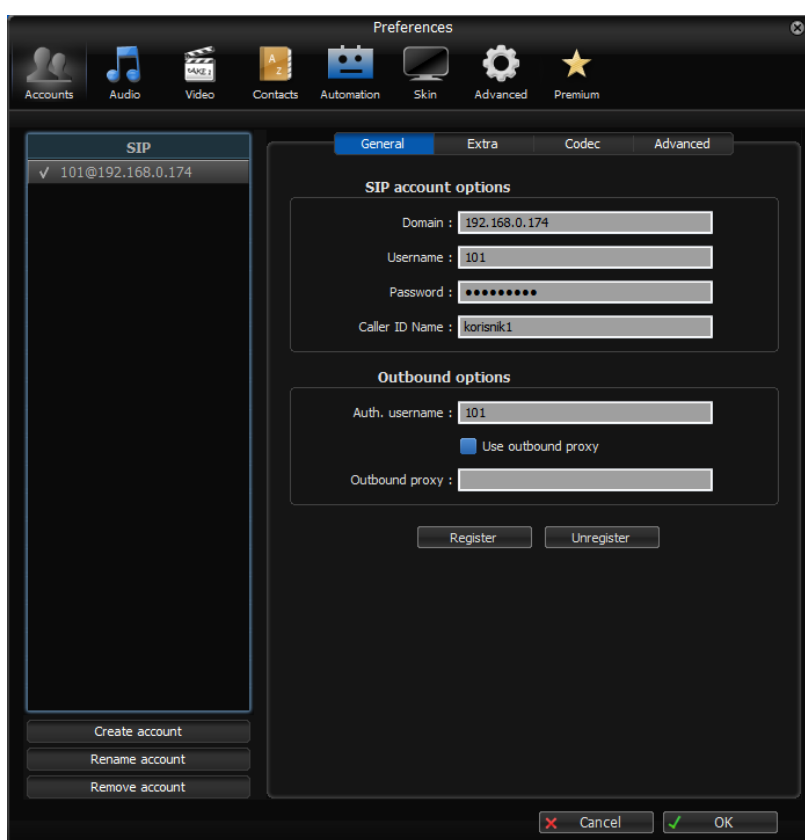


Слика 5.2.1.4. *Account wizard* прозор *softphone* апликације *ZoiPer* (четврти део)

Последњи *Account wizard* прозор приказује завршницу креирања налога IP терминала на рачунару 1 (слика 5.2.1.4.), са избором додавања нових налога у оквиру Account листе *softphone* апликације **ZoiPer**.

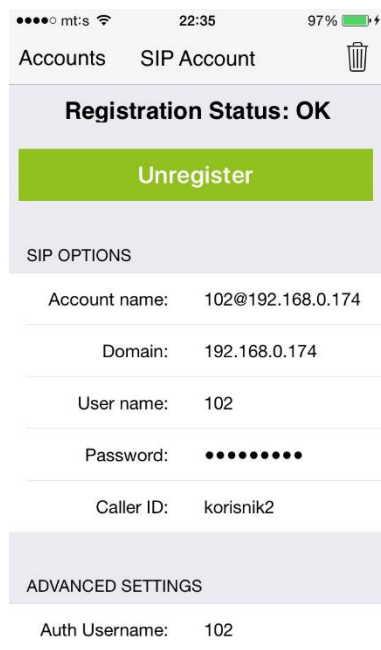
Након креираног налога, у оквиру саме апликације **ZoiPer** могуће је вршити додатна подешавања за изабрани IP терминал, као што је избор аудио и видео кодека, затим бирање транспортног протокола (користићемо UDP протокол), могућност коришћења STUN (*Session Traversal Utilities for NAT*) протокола у процесу рутирања пакета приликом преласка у јавну IP мрежу (у овој реализацији VoIP комуникације нећемо користити ову могућност, али ћемо користити у следећој VoIP комуникацији између рачунара 1 и рачунара 2), одабир портова за SIP и RTP конекције (користићемо стандардне портове 5060 за SIP конекцију и 8000 за RTP конекцију), али и још многа друга подешавања карактеристична за VoIP мреже.

На слици 5.2.1.5. су приказане основне информације о IP терминалу на рачунару 1.



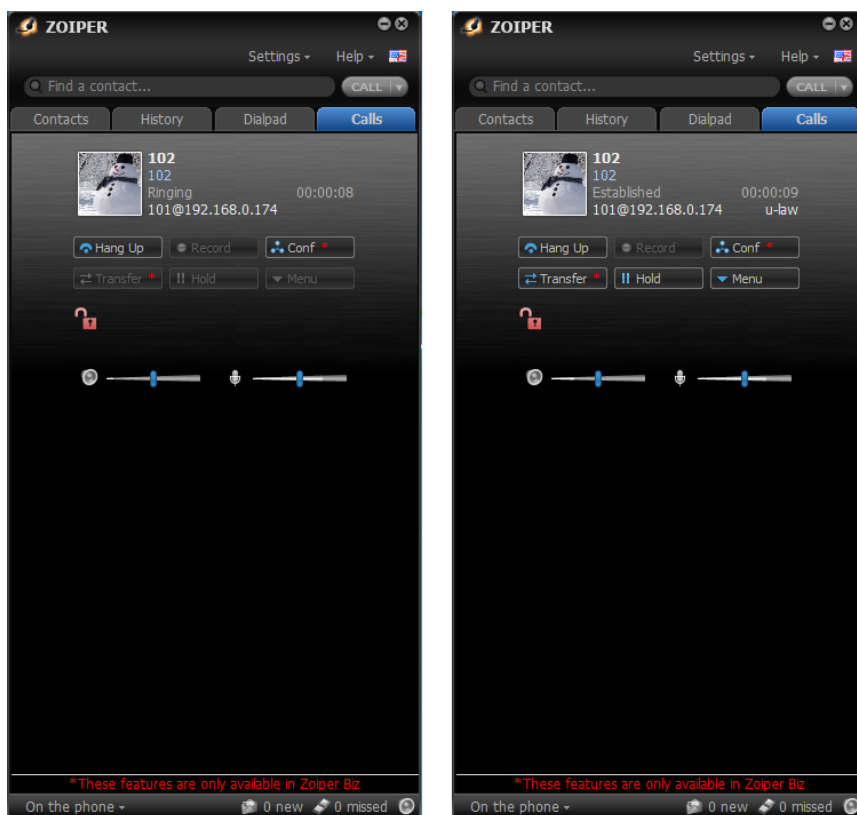
Слика 5.2.1.5. *General* картица у оквиру *Preferences* опције, у *softphone* апликацији **ZoiPer**

На сличан начин се врши подешавање IP терминала у апликацији **ZoiPer** на iOS мобилном телефону, при чему ће параметри дефинисани у оквиру екстензије 102 бити додељени овом IP терминалу. На слици 5.2.1.6. су приказане основне информације о овом IP терминалу.

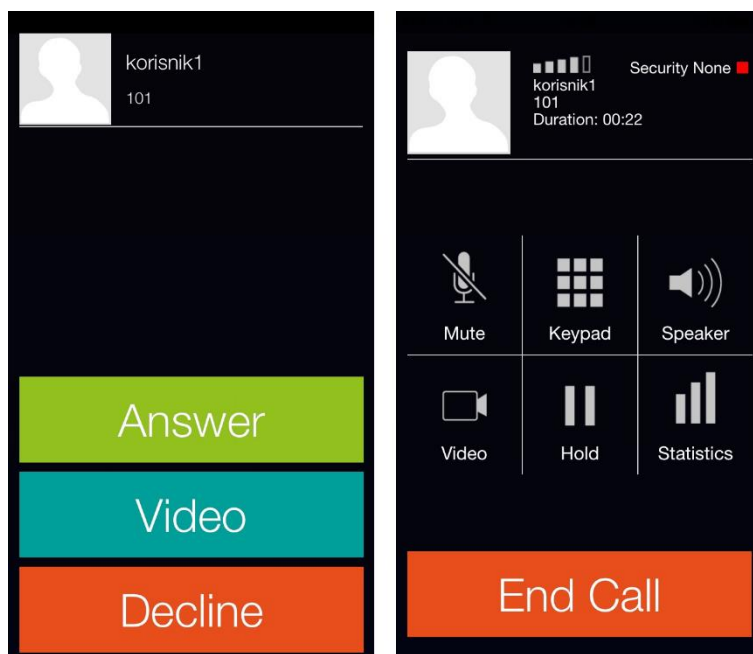


Слика 5.2.1.6. Основни параметри IP терминала у апликацији ZoiPer на iOS мобилном телефону

Након подешавања IP терминала на рачунару 1 и iOS мобилном телефону, могуће је остварити VoIP комуникацију. На сликама 5.2.1.7 и 5.2.1.8. приказано је иницирање позива и успостава везе између IP терминала на рачунару 1 (чија је екстензија 101, а идентификација „korisnik1“) и мобилног телефона (чија је екстензија 102, а идентификација „korisnik2“).



Слика 5.2.1.7. Иницирање позива и успостава везе на рачунару 1



Слика 5.2.1.8. Иницирање позива и успостава везе на мобилном телефону

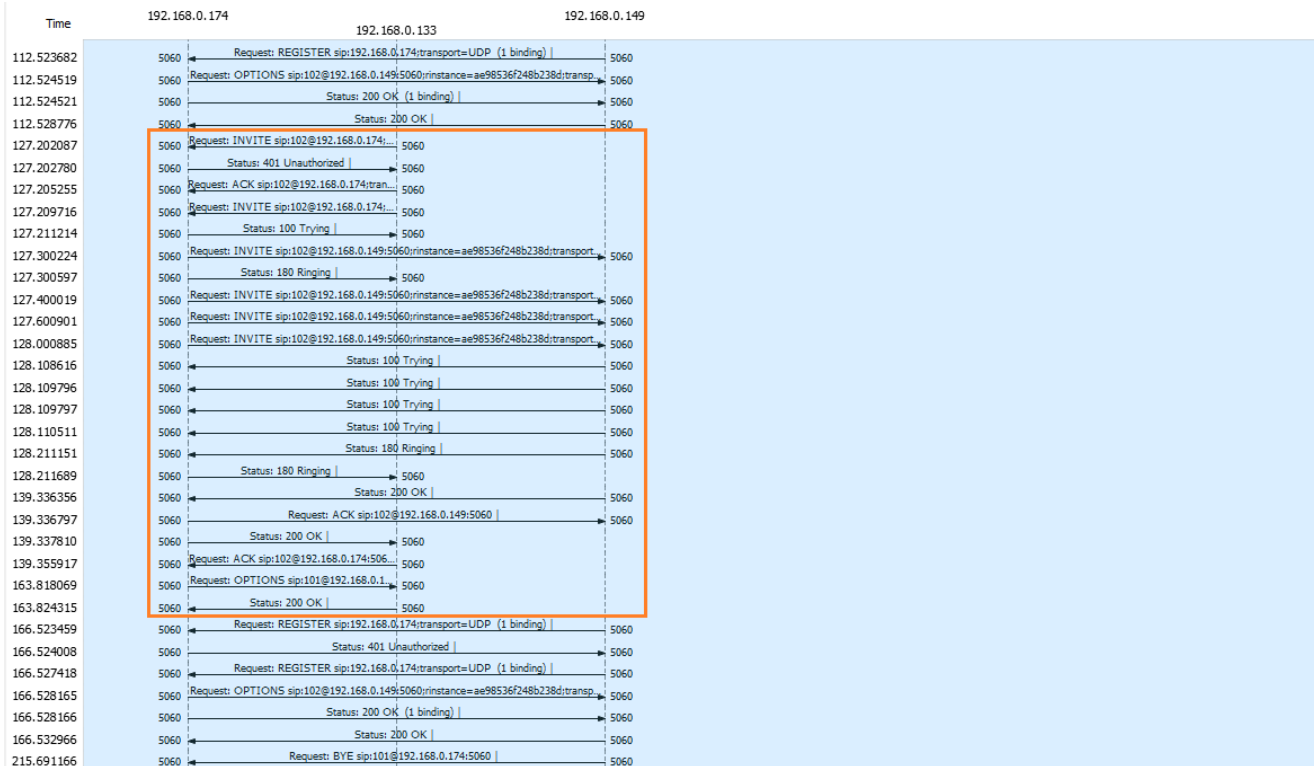
Применом **Wireshark** апликације, забележено је иницирање позива кроз SIP захтев INVITE, приказан на слици 5.2.1.9.

```

> Frame 1569: 944 bytes on wire (7552 bits), 944 bytes captured (7552 bits)
> Ethernet II, Src: IntelCor_36:89:56 (00:21:5d:36:89:56), Dst: PcsSyste_83:84:be (08:00:27:83:84:be)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.133, Dst: 192.168.0.174
> User Datagram Protocol, Src Port: 5060, Dst Port: 5060
< Session Initiation Protocol (INVITE)
  < Request-Line: INVITE sip:102@192.168.0.174;transport=UDP SIP/2.0
    Method: INVITE
    < Request-URI: sip:102@192.168.0.174;transport=UDP
      Request-URI User Part: 102
      Request-URI Host Part: 192.168.0.174
    [Resent Packet: False]
  < Message Header
    < Via: SIP/2.0/UDP 192.168.0.133:5060;branch=z9hG4bK-524287-1---2fe232d8a4b85532;rport
      Max-Forwards: 70
    < Contact: <sip:101@192.168.0.133:5060;transport=UDP>
    < To: <sip:102@192.168.0.174;transport=UDP>
    < From: "korisnik1"<sip:101@192.168.0.174;transport=UDP>;tag=77024047
    Call-ID: UeP0pyk-EMo_Qq5CoQBwQ..
    CSeq: 1 INVITE
    Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
    Content-Type: application/sdp
    Supported: replaces, norefensub, extended-refer, timer, outbound, path, X-cisco-serviceuri
    User-Agent: Z 3.9.32144 r32121
    Allow-Events: presence, kpml
    Content-Length: 239
  < Message Body
    < Session Description Protocol
      Session Description Protocol Version (v): 0
      < Owner/Creator, Session Id (o): Z 0 0 IN IP4 192.168.0.133
      Session Name (s): Z
      < Connection Information (c): IN IP4 192.168.0.133
      < Time Description, active time (t): 0 0
      < Media Description, name and address (m): audio 8000 RTP/AVP 110 8 0 97 101
      < Media Attribute (a): rtpmap:110 speex/8000
      < Media Attribute (a): rtpmap:97 iLBC/8000
      < Media Attribute (a): fmp:97 mode=30
      < Media Attribute (a): rtpmap:101 telephone-event/8000
      < Media Attribute (a): fmp:101 0-16
      < Media Attribute (a): sendrecv
  
```

Слика 5.2.1.9. SIP захтев INVITE приликом иницирања позива корисника 1 ка кориснику 2

Приликом иницирања позива и успостава везе, могуће су промене параметара позива, и овај део VoIP комуникације приказан је кроз SIP дијалог, означен на слици 5.2.1.10.



Слика 5.2.1.10. SIP дијалог иницирања позива и успоставе везе између корисника 1 и 2

Након што је успостављен VoIP позив, користи се RTP протокол за пренос корисничких података. На слици 5.2.1.11. приказан је један RTP пакет у оквиру реализоване VoIP комуникације, док су на слици 5.2.1.12. приказани токови RTP података у оквиру једног дела VoIP позива.

```

> Frame 2234: 214 bytes on wire (1712 bits), 214 bytes captured (1712 bits)
> Ethernet II, Src: IntelCor_36:89:56 (00:21:5d:36:89:56), Dst: PcsSyste_83:84:be (08:00:27:83:84:be)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.133, Dst: 192.168.0.174
> User Datagram Protocol, Src Port: 8000, Dst Port: 14070
< Real-Time Transport Protocol
  < [Stream setup by SDP (frame 1572)]
    [Setup frame: 1572]
    [Setup Method: SDP]
    10.. .... = Version: RFC 1889 Version (2)
    ..0. .... = Padding: False
    ...0 .... = Extension: False
    .... 0000 = Contributing source identifiers count: 0
    1... .... = Marker: True
    Payload type: ITU-T G.711 PCMU (0)
    Sequence number: 14020
    [Extended sequence number: 79556]
    Timestamp: 1310705538
    Synchronization Source identifier: 0x86fd620c (2264752652)
    Payload: ffffffff7ffff7f7ffff...
  
```

Слика 5.2.1.11. Један RTP пакет у оквиру VoIP комуникације између корисника 1 и 2



Слика 5.2.1.12. RTP токови података у оквиру дела VoIP позива између корисника 1 и 2

Занимљиво је приметити са слике 5.2.1.12. да се RTP пакети не размеђују директно између корисника 1 и 2, већ сваки RTP пакет пролази кроз централу. Код **Asterisk** платформе је реализована ова могућност због потребе контроле VoIP саобраћаја. Једна од примена овакве контроле јесте могућност снимања свих или одређених разговора.

Такође, може се приметити да се за RTP конекције у оквиру **Asterisk** централе додељују портови из дефинисаног опсега портова за RTP протокол, који служе за долазне и одлазне RTP пакете, и тај опсег је по *default*-у од 10000 до 20000. Овај опсег се може променити у оквиру *Settings* скупа модула који се налазе у *FreePBX Administration* менију (у делу *Asterisk SIP Settings*).

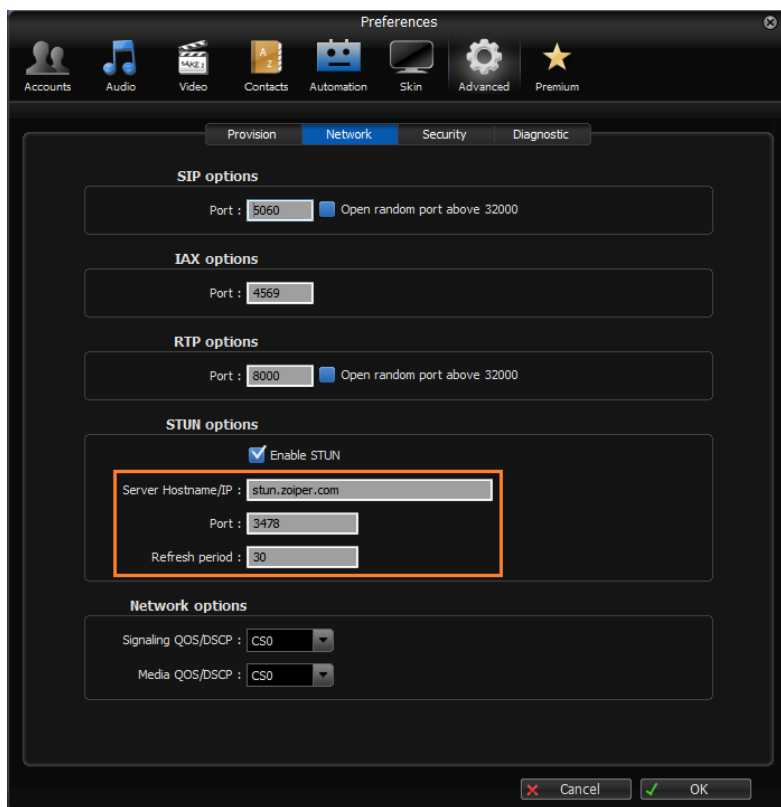
5.2.2. Друга варијанта: VoIP комуникација рачунара 1 и рачунара 2

У овом одељку биће приказана реализација VoIP комуникације између рачунара 1 са IP адресом 192.168.0.133, и рачунара 2 са IP адресом 192.168.0.139. Поступак подешавања IP терминала у *softphone* апликацији **ZoiPer** на рачунару 2 је исти као и на рачунару 1, с тим што се овом терминалу додељују параметри дефинисани у оквиру екстензије 103 (чија је идентификација „korisnik3“).

У овој VoIP комуникацији биће употребљен STUN протокол који се користи у процесу рутирања пакета приликом преласка у јавну IP мрежу. Подешавање STUN протокола односно његовог сервера који ће рутирати VoIP пакете након њиховог преласка из приватне/кућне IP мреже у јавну IP мрежу, обавља се у **Asterisk** централу и кроз додатна подешавања IP терминала у апликацији **ZoiPer** [9]. Ово подешавање ћемо прво обавити у

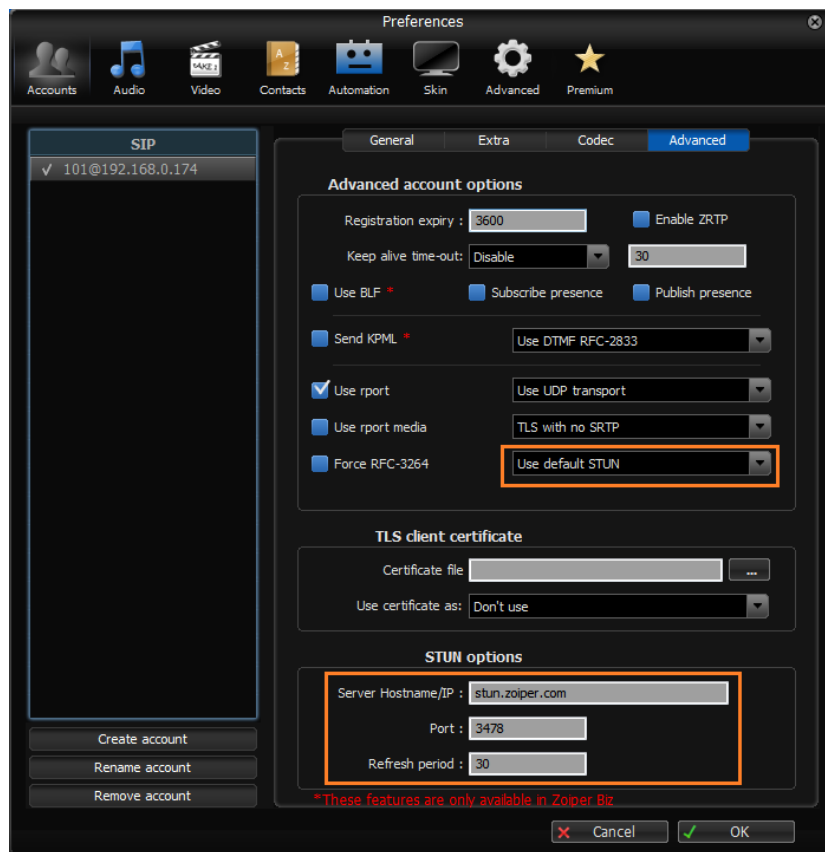
апликацији **ZoiPer** на оба рачунара, а затим ћемо обавити у **Asterisk** централи коришћењем **FreePBX** GUI-а.

Бирањем *Preferences* опције из падајућег менија *Settings* у оквиру главног прозора апликације **ZoiPer**, појављује се нови прозор са избором додатних подешавања IP терминала. У оквиру *Advanced* картице, а затим у делу *Network*, потребно је прво омогућити употребу STUN протокола, као што је приказано на слици 5.2.2.1. Параметри означени на наведеној слици су дати по *default*-у.



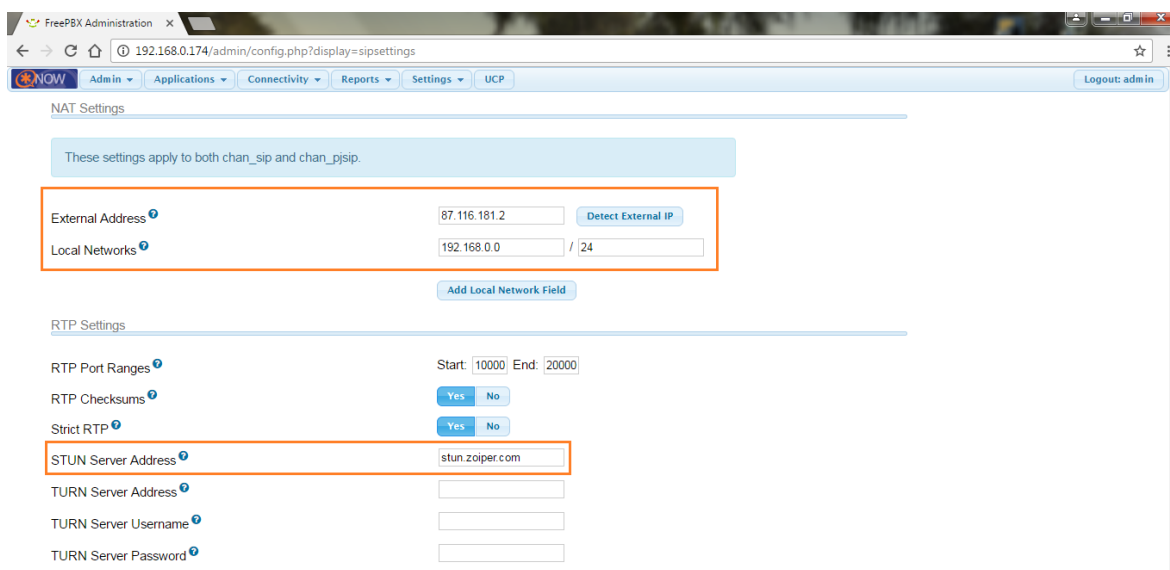
Слика 5.2.2.1. Подешавање STUN сервера у апликацији ZoiPer (први део)

Такође, у оквиру *Preferences* прозора, бирамо затим *Advanced* таб, приказан на слици 5.2.2.2. Обележене параметре са слике потребно је подесити, тако да се из падајућег менија изабере опција „*Use default STUN*“, а у оквиру *STUN options* дела унети параметре означене са слике 5.2.2.1.



Слика 5.2.2.2. Подешавање STUN сервера у апликацији Zoiper (други део)

Након подешавања у апликацији **Zoiper**, вршимо подешавања у **FreePBX** GUI-у. Бирањем *Asterisk SIP Settings* опције из падајућег менија *Settings* у оквиру *FreePBX Administration* менија, појављује се страница као на слици 5.2.2.3. где је потребно попунити означена поља. Поља *External Address* и *Local Networks* се аутоматски генеришу кликом на дугме *Detect External IP*. У поље *STUN Server Address* унети исту адресу STUN сервера као из апликације **Zoiper**, односно *stun.zoiper.com*.



Слика 5.2.2.3. Подешавање STUN сервера у FreePBX GUI-у

Након извршених подешавања, можемо реализовати VoIP комуникацију између IP терминала korisnik1 и korisnik3. Коришћењем **Wireshark** апликације, може се видети SIP захтев INVITE приликом иницирања позива корисника 1 ка кориснику 3, приказан на слици 5.2.2.4.

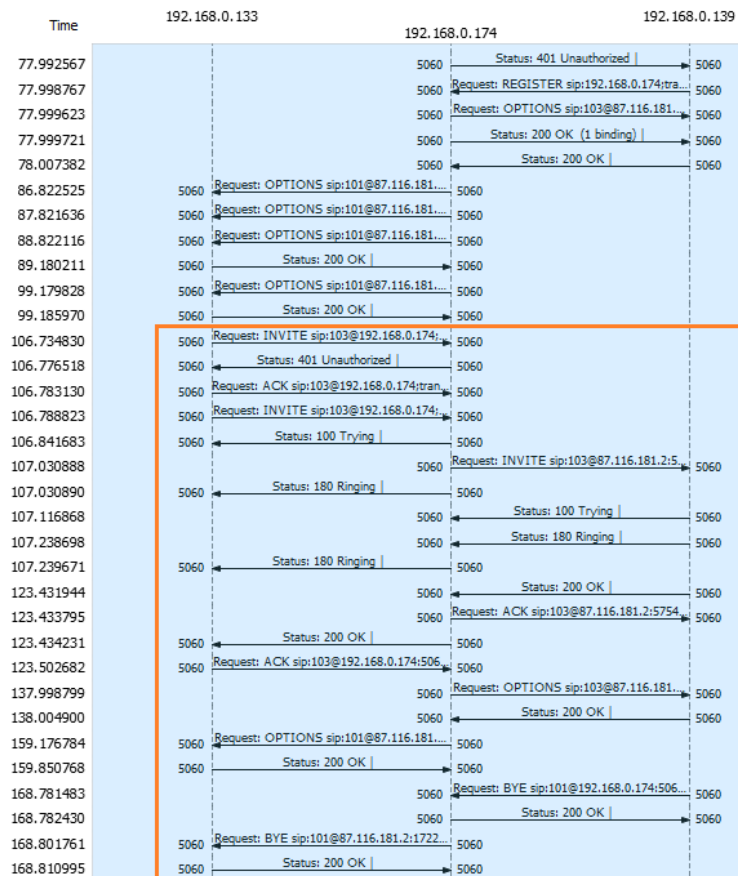
```

▶ Frame 524: 943 bytes on wire (7544 bits), 943 bytes captured (7544 bits)
▶ Ethernet II, Src: IntelCor_36:89:56 (00:21:5d:36:89:56), Dst: PcsSyste_83:84:be (08:00:27:83:84:be)
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.133, Dst: 192.168.0.174
▶ User Datagram Protocol, Src Port: 5060, Dst Port: 5060
▶ Session Initiation Protocol (INVITE)
  ▶ Request-Line: INVITE sip:103@192.168.0.174;transport=UDP SIP/2.0
    Method: INVITE
    ▶ Request-URI: sip:103@192.168.0.174;transport=UDP
      Request-URI User Part: 103
      Request-URI Host Part: 192.168.0.174
      [Resent Packet: False]
  ▶ Message Header
    ▶ Via: SIP/2.0/UDP 87.116.181.2:17223;branch=z9hG4bK-524287-1---d42e8bf79c2db31b;rport
      Max-Forwards: 70
    ▶ Contact: <sip:101@87.116.181.2:17223;transport=UDP>
    ▶ To: <sip:103@192.168.0.174;transport=UDP>
    ▶ From: "korisnik1"<sip:101@192.168.0.174;transport=UDP>;tag=4a10b903
      Call-ID: JemUSHwEmllf6gWaMZgJMg..
    ▶ CSeq: 1 INVITE
      Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
      Content-Type: application/sdp
      Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, outbound, path, X-cisco-serviceuri
      User-Agent: Z 3.9.32144 r32121
      Allow-Events: presence, kpml
      Content-Length: 238
  ▶ Message Body
    ▶ Session Description Protocol
      Session Description Protocol Version (v): 0
      ▶ Owner/Creator, Session Id (o): Z 0 0 IN IP4 87.116.181.2
        Session Name (s): Z
      ▶ Connection Information (c): IN IP4 87.116.181.2
      ▶ Time Description, active time (t): 0 0
      ▶ Media Description, name and address (m): audio 45647 RTP/AVP 110 8 0 97 101
      ▶ Media Attribute (a): rtpmap:110 speex/8000
      ▶ Media Attribute (a): rtpmap:97 iLBC/8000
      ▶ Media Attribute (a): fmtp:97 mode=30
      ▶ Media Attribute (a): rtpmap:101 telephone-event/8000
      ▶ Media Attribute (a): fmtp:101 0-16
      ▶ Media Attribute (a): sendrecv

```

Слика 5.2.2.4. SIP захтев INVITE приликом иницирања позива корисника 1 ка кориснику 3

Реализована VoIP комуникација између корисника 1 и корисника 3, укључујући иницирање позива, успоставу и раскид везе, приказана је кроз SIP дијалог, обележен на слици 5.2.2.5.

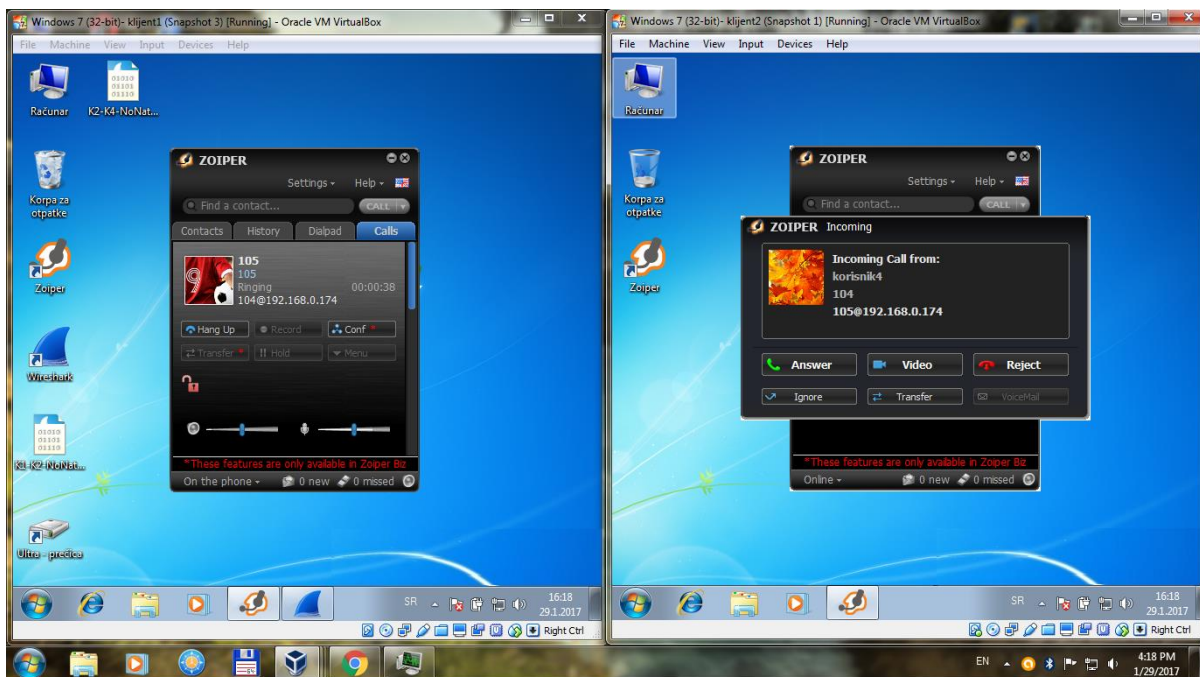


Слика 5.2.2.5. SIP дијалог иницирања позива, успоставе и раскида везе између корисника 1 и 3

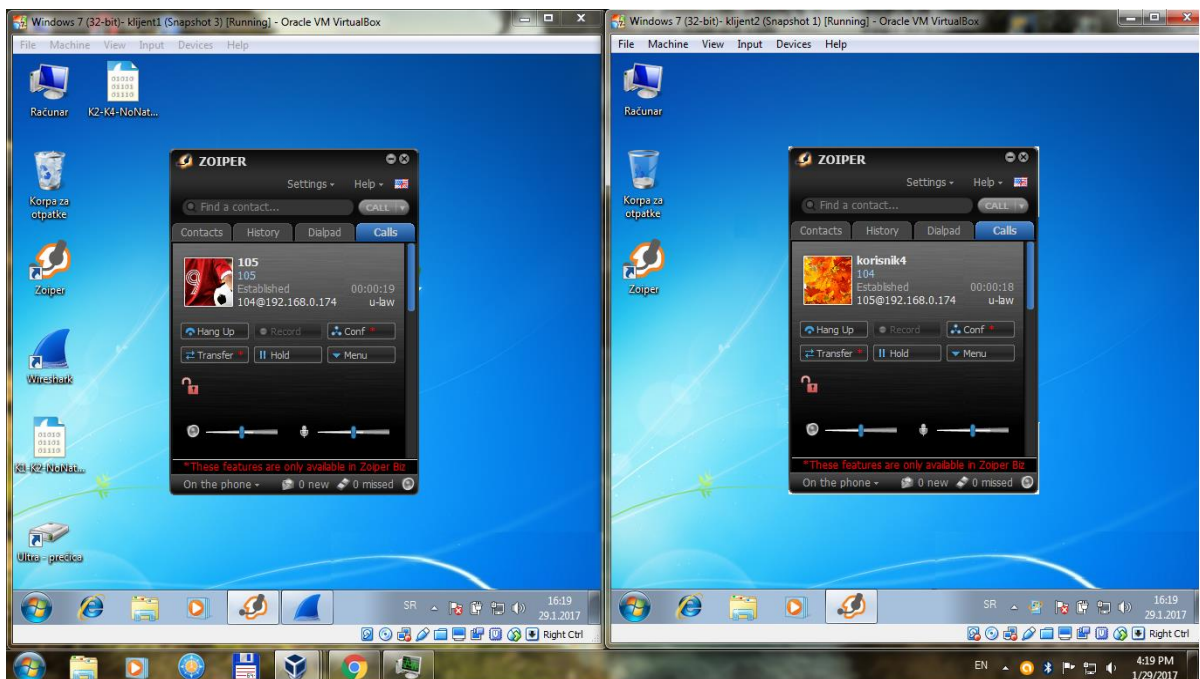
5.2.3. Трећа варијанта: VoIP комуникација између две виртуелне машине

У овом одељку биће приказана реализација VoIP комуникације између две виртуелне машине, креиране на рачунару 2, на којима је инсталиран *guest OS Windows 7*, као и *softphone* апликација **ZoiPer**. Поступак подешавања IP терминала у апликацији **ZoiPer** је исти као приликом подешавања IP терминала на рачунару 1, приказано у одељку 5.2.1. Једну виртуелну машину назваћемо „клијент 1“, а другу „клијент 2“. IP адреса клијента 1 је 192.168.0.178, док је IP адреса клијента 2 192.168.0.101. IP терминалу клијента 1 је додељена екстензија 104 (чија је идентификација „korisnik4“), док је IP терминалу клијента 2 додељена екстензија 105 (чија је идентификација „korisnik5“).

На сликама 5.2.3.1 и 5.2.3.2. приказано је иницирање позива корисника 4 ка кориснику 5, као и њихова успостава везе.



Слика 5.2.3.1. Иницирање позива корисника 4 ка кориснику 5



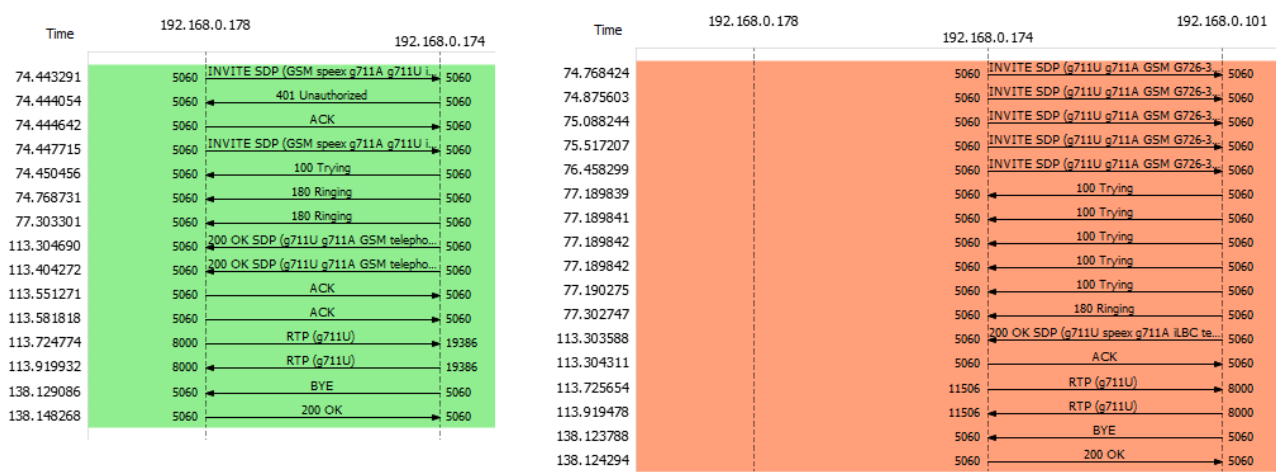
Слика 5.2.3.2. Успостава везе између корисника 4 и корисника 5

VoIP комуникација приликом иницирања позива, успоставе и раскида везе између корисника 4 и корисника 5, приказана кроз SIP дијалог у **Wireshark** апликацији, је иста из угла размене SIP захтева и SIP одговора, у односу на SIP дијалог приказан у одељку 5.2.1. С обзиром да **Wireshark** има пуно опција за анализирање пакета и мрежног саобраћаја, бирањем опције *VoIP Calls* из падајућег менија *Telephony*, могу се видети детаљи укупног броја снимљених VoIP позива, приказани на слици 5.2.3.3.

Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Protocol	Packets	State	Comments
74.443291	138.148268	192.168.0.178	"korisnik4" < sip:104@192.168.0.174;transport=UDP	< sip:105@192.168.0.174;transport=UDP	SIP	13	COMPLETED	INVITE 401 200 200
74.768424	138.124294	192.168.0.174	"korisnik4" < sip:104@192.168.0.174	< sip:105@192.168.0.101:5060;rinstance=44b104edf1ad3173;transport=UDP	SIP	15	COMPLETED	INVITE 200

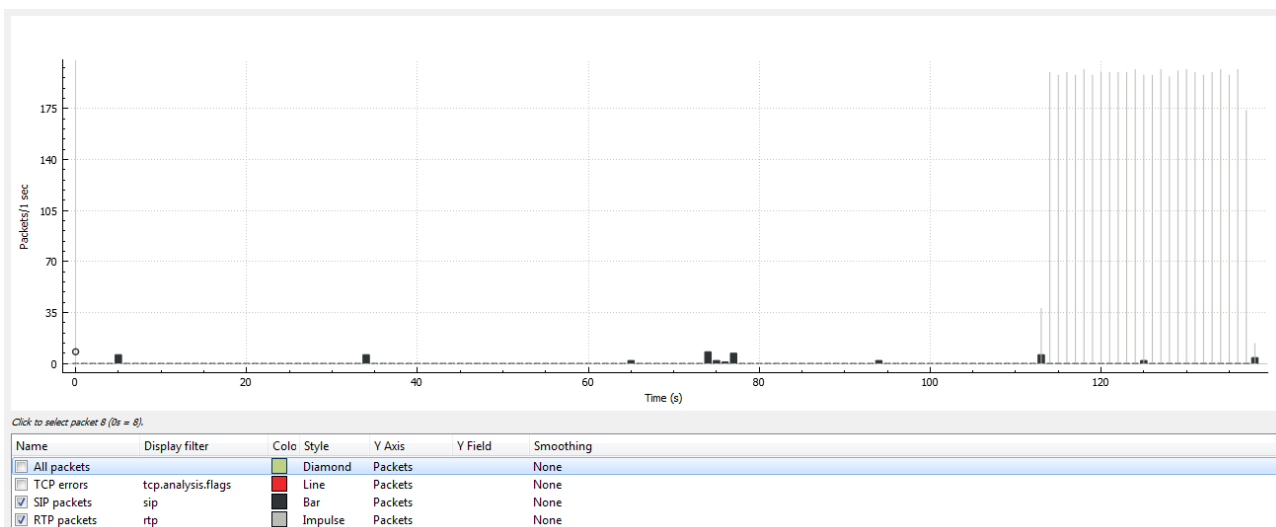
Слика 5.2.3.3. Детаљи снимљених VoIP позива

Пошто је у снимљеној VoIP комуникацији остварен један позив између корисника 4 и корисника 5, са слике 5.2.3.3. се могу видети два сегмента у оквиру тог позива, где се први сегмент односи на комуникацију између иницијатора позива (корисника 4) и Asterisk централе, а други сегмент се односи на комуникацију између Asterisk централе и позваног корисника 5. Детаљнији приказ ових комуникација може се видети кликом на дугме *Flow Sequence* након означавања сваког сегмента. На слици 5.2.3.4. је дат приказ комуникације за оба сегмента.



Слика 5.2.3.4. Приказ комуникације за оба сегмента у оквиру једног VoIP позива

Још једна могућност погодна за анализу VoIP пакета је избор опције *I/O Graph* из падајућег менија *Statistics*. Бирањем одговарајућег филтра за приказ SIP и RTP пакета, добија се график укупног броја SIP и RTP пакета у једници времена, приказан на слици 5.2.3.5.



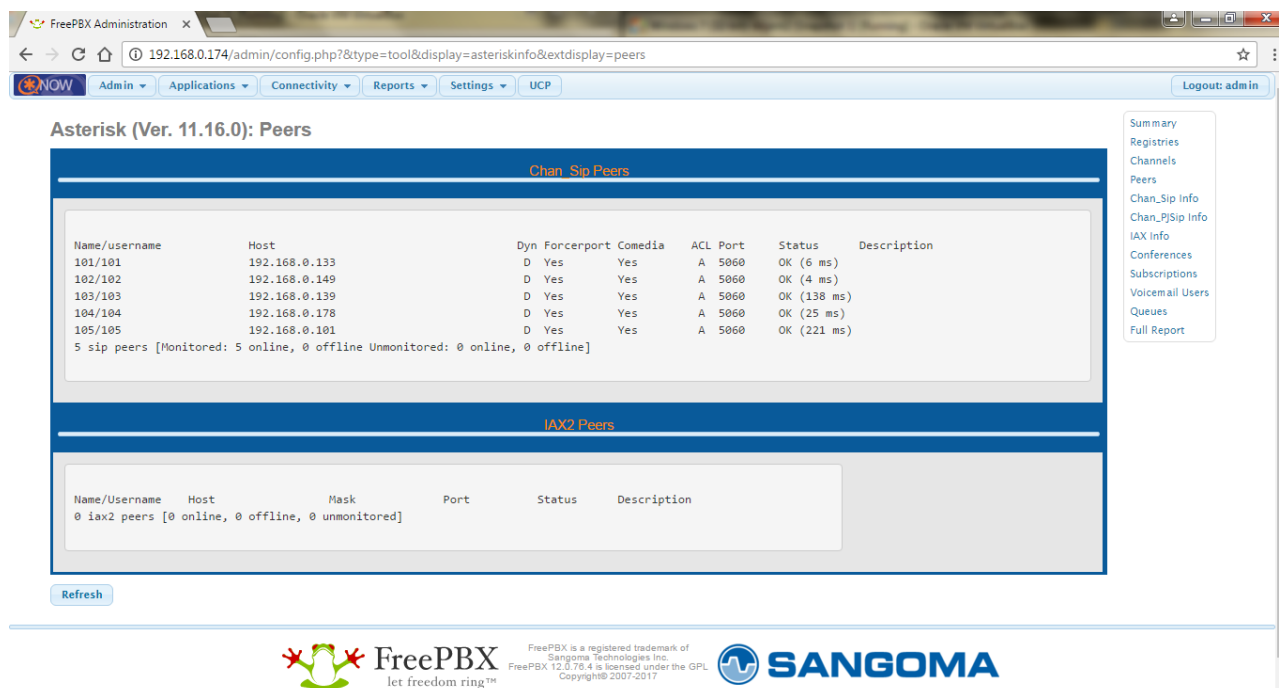
Слика 5.2.3.5. График укупног броја SIP и RTP пакета у једници времена

5.3. Анализа реализованих IP PBX система

У овом поглављу су приказане различите реализације IP PBX система коришћењем **Asterisk** сервера као телефонске централе. Варијанте PBX система изложене у одељцима 5.2.1. и 5.2.2. нису у потпуности реализоване у виртуелном окружењу (**Asterisk** централа је у виртуелном окружењу, док су IP терминали ван виртуелног окружења), док је варијанта PBX система изложена у одељку 5.2.3. у потпуности реализована у оквиру виртуелног окружења. Битно је напоменути да су све три варијанте VoIP комуникације снимљене употребом **Wireshark** апликације, која је инсталирана у оквиру виртуелне машине коју смо назвали „клијент 1“. На основу снимљеног VoIP саобраћаја може се закључити да су процеси регистрације IP терминала на **Asterisk** централу, иницирање позива, успостава и раскид везе, исти по питању размене SIP порука и RTP пакета, без обзира на различите реализације IP PBX система.

Приликом процеса регистрације IP терминала на **Asterisk** централу, уочава се SIP одговор „401 Unauthorized“ који се може јавити као последица неадекватног мапирања неког од поља у налогу IP терминала са пољем у оквиру екстензије **Asterisk** система придружене том терминалу. Ово такође може да указује и на недостатак у имплементацији **Asterisk** сервера у виртуелном окружењу.

На слици 5.3.1. је приказан један од извештаја **Asterisk** система у оквиру *FreePBX Administration* менија из скупа модула *Reports*, у коме се могу видети основне информације о регистрованим IP терминалима као и којим екстензијама су они придружени.



Слика 5.3.1. Основне информације о регистрованим IP терминалима у Asterisk систему

6. ЗАКЉУЧАК

Концепт виртуелизације све више осваја нове просторе у сфери информационих технологија, пошто се њена примена показала вишеструко корисном у сваком сегменту њене употребе. Њен значај у овом раду приликом примене у пакетској телефонији, пружа ефикасно и флексибилно развојно окружење у коме је могуће вршити разна тестирања на **Asterisk** серверу или на крајњим IP терминалима, без бојазни на отказе у *host* систему. Ово је веома значајно како за унапређење пакетске телефоније и откривање нових погодности у раду овог комуникационог система, тако и за побољшање постојећих алата за виртуелизацију али и имплементацију нових који ће допринети смањењу разлике између реалног и виртуелног окружења у IT инфраструктури.

Такође, важно је споменути да је у овом раду коришћен искључиво бесплатан софтвер доступан свим интернет корисницима. Ово даје подстрек за учење, експериментисање и боље разумевање пакетске телефоније као и виртуелизације, али и могућност за проналажење нових ствари у наведеним технологијама које могу да постану адекватна (или чак и боља) замена за постојеће комерцијалне системе.

Могућности које пружа **Asterisk** као комуникациони сервер су велике, и део тих могућности је изложен у потпоглављу 2.3. У овом раду су представљене једноставније реализације IP PBX система коришћењем **Asterisk** сервера, ради бољег разумевања основних принципа рада пакетске телефоније и сигнализације која се користи за остваривање IP телефонских позива. Правци даљег развоја овог рада се могу односити на испитивање осталих могућности **Asterisk** система у виртуелном окружењу. Реализације видео комуникације, *Instant Messaging* (IM) сервиса, сервиса у класичним PBX системима (као што је преусмеравање позива, музика на чекању, стављање позива на чекање), и то све у виртуелном окружењу, само су неке од смерница за даља истраживања пакетске телефоније коришћењем концепта виртуелизације.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] З. Чича, Комутациони системи – предавања,
(http://telekomunikacije.etf.rs/predmeti/te4ks/docs/KS/KS_10.pdf)
- [2] В. Боговић, Ж. Јанковић, „SIP (*Session Initiation Protocol*)“, Телекомуникациони форум
Телфор, 2004.
- [3] З. Чича, Комутациони системи – предавања,
(http://telekomunikacije.etf.rs/predmeti/te4ks/docs/KS/KS_08.pdf)
- [4] Н. Крајновић, IP телефонија – предавања,
(<http://telekomunikacije.etf.bg.ac.rs/predmeti/ot4ipt/VoIP.pdf>)
- [5] Asterisk Architecture,
(<https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Asterisk+Architecture%2C+The+Big+Picture>)
- [6] Б. Ђорђевић, Технике виртуелизације – предавања,
(http://www.viser.edu.rs/predmeti.php?id=2142&stranica=3&plan_id=96)
- [7] Oracle VM VirtualBox – User Manual,
(<https://www.virtualbox.org/manual/UserManual.html>)
- [8] Installing AsteriskNOW,
(<https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Installing+AsteriskNOW>)
- [9] ZoiPer – Support Questions,
(<http://www.zoiper.com/en/support/questions>)

СПИСАК СКРАЋЕНИЦА

ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
CD	<i>Compact Disc</i>
CLI	<i>Command Line Interface</i>
DAHDI	<i>Digium Asterisk Hardware Device Interface</i>
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
IAX	<i>Inter-Asterisk eXchange</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IM	<i>Instant Messaging</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IT	<i>Information Technology</i>
ITU-T	<i>Internacional Telecommunication Union–Telecommunication Standardization Sector</i>
IVR	<i>Interactive Voice Response</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
OS	<i>Operating System</i>
PBX	<i>Private Branch Exchange</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RTP	<i>Real-time Transport Protocol</i>
SCTP	<i>Stream Control Transmission Protocol</i>
SDP	<i>Session Description Protocol</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
STUN	<i>Session Traversal Utilities for NAT</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UAC	<i>User Agent Client</i>
UAS	<i>User Agent Server</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
VM	<i>Virtual Machine</i>
VMM	<i>Virtual Machine Monitor</i>
VoIP	<i>Voice over IP</i>
VRDP	<i>VirtualBox Remote Desktop Protocol</i>

СПИСАК СЛИКА

Слика 2.2.1. Обавезно RTP заглавље [3].....	6
Слика 2.3.1. Asterisk лого	7
Слика 2.3.2. Asterisk систем [5]	8
Слика 2.3.1.1. Званични сајт AsteriskNOW.....	9
Слика 3.1. Тип 1 виртуелизације [6].....	10
Слика 3.2. Тип 2 виртуелизације [6].....	11
Слика 3.1.1. VirtualBox лого	12
Слика 3.1.2. VirtualBox Manager прозор	13
Слика 4.1.1. VirtualBox Host-Only Network картица.....	14
Слика 4.1.2. VirtualBox Host-Only Network Properties прозор	15
Слика 4.1.3. Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties прозор.....	15
Слика 4.1.4. Advanced TCP/IP Settings прозор	16
Слика 4.1.5. TCP/IP Gateway Address прозор	16
Слика 4.1.6. Advanced TCP/IP Settings прозор после постављених параметара у TCP/IP Gateway Address прозору.....	17
Слика 4.2.1. Create Virtual Machine прозор (Name and operating system)	17
Слика 4.2.2. Create Virtual Machine прозор (Memory size).....	18
Слика 4.2.3. Create Virtual Machine прозор (Hard disk)	18
Слика 4.2.4. Create Virtual Hard Disk прозор (Hard disk file type).....	19
Слика 4.2.5. Create Virtual Hard Disk прозор (Storage on physical hard disk).....	19
Слика 4.2.6. Create Virtual Hard Disk прозор (File location and size)	20
Слика 4.2.7. Settings прозор (Storage).....	21
Слика 4.2.8. Settings прозор (Network).....	21
Слика 4.2.9. AsteriskNOW VM у VirtualBox Manager прозору.....	22
Слика 4.3.1. Почетак инсталације AsteriskNOW.....	23
Слика 4.3.2. TCP/IP конфигурација.....	23
Слика 4.3.3. Избор временске зоне.....	24
Слика 4.3.4. Root Password	24
Слика 4.3.5. Крај инсталационог процеса.....	25
Слика 4.3.6. Приказ IP адресе AsteriskNOW PBX сервера	25
Слика 4.4.1. FreePBX GUI	26
Слика 4.4.2. Главни FreePBX мени	26
Слика 4.4.3. Главни FreePBX Administration мени	27
Слика 4.4.4. Extensions модул.....	27
Слика 5.1.1. Zoiper лого.....	28
Слика 5.2.1. Креирање SIP екстензије (први део).....	29
Слика 5.2.2. Креирање SIP екстензије (други део)	29
Слика 5.2.3. Креирање SIP екстензије (трећи део)	30
Слика 5.2.4. Креирање SIP екстензије (четврти део).....	30
Слика 5.2.1.1. Account wizard прозор softphone апликације Zoiper (први део).....	31
Слика 5.2.1.2. Account wizard прозор softphone апликације Zoiper (други део).....	32
Слика 5.2.1.3. Account wizard прозор softphone апликације Zoiper (трећи део).....	32

Слика 5.2.1.4. Account wizard прозор softphone апликације Zoiper (четврти део).....	32
Слика 5.2.1.5. General картица у оквиру Preferences опције, у softphone апликацији Zoiper ...	33
Слика 5.2.1.6. Основни параметри IP терминала у апликацији Zoiper на iOS мобилном телефону.....	34
Слика 5.2.1.7. Иницирање позива и успостава везе на рачунару 1	34
Слика 5.2.1.8. Иницирање позива и успостава везе на мобилном телефону	35
Слика 5.2.1.9. SIP захтев INVITE приликом иницирања позива корисника 1 ка кориснику 2	35
Слика 5.2.1.10. SIP дијалог иницирања позива и успоставе везе између корисника 1 и 2	36
Слика 5.2.1.11. Један RTP пакет у оквиру VoIP комуникације између корисника 1 и 2	36
Слика 5.2.1.12. RTP токови података у оквиру дела VoIP позива између корисника 1 и 2	37
Слика 5.2.2.1. Подешавање STUN сервера у апликацији Zoiper (први део).....	38
Слика 5.2.2.2. Подешавање STUN сервера у апликацији Zoiper (други део)	39
Слика 5.2.2.3. Подешавање STUN сервера у FreePBX GUI-у	39
Слика 5.2.2.4. SIP захтев INVITE приликом иницирања позива корисника 1 ка кориснику 3	40
Слика 5.2.2.5. SIP дијалог иницирања позива, успоставе и раскида везе између корисника 1 и 3.....	41
Слика 5.2.3.1. Иницирање позива корисника 4 ка кориснику 5	42
Слика 5.2.3.2. Успостава везе између корисника 4 и корисника 5.....	42
Слика 5.2.3.3. Детаљи снимљених VoIP позива.....	43
Слика 5.2.3.4. Приказ комуникације за оба сегмента у оквиру једног VoIP позива	43
Слика 5.2.3.5. График укупног броја SIP и RTP пакета у једници времена.....	43
Слика 5.3.1. Основне информације о регистрованим IP терминалима у Asterisk систему	44

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 2.1.1. Врсте SIP захтева.....	3
Табела 2.1.2. Типови SIP одговора [2]	3
Табела 2.1.3. Класе SIP одговора.....	4
Табела 5.2.1. Параметри екстензија 102, 103, 104 и 105	31