

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Marko Tišler

**Integracija sistemov VoIP
z računalniškimi aplikacijami**

DIPLOMSKO DELO
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

Mentor: doc. dr. Mojca Ciglarič

Ljubljana, 2010



Št. naloge: 01678/2010

Datum: 15.06.2010

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **MARKO TIŠLER**

Naslov: **INTEGRACIJA SISTEMOV VOIP Z RAČUNALNIŠKIMI APLIKACIJAMI**
INTEGRATING VOIP SYSTEMS WITH COMPUTER APPLICATIONS

Vrsta naloge: Diplomsko delo univerzitetnega študija

Tematika naloge:

Preglejte in analizirajte različne pristope ter tehnologije in standarde na področju povezovanja računalniških aplikacij s sistemi IP telefonije. Navedite smernice za njihovo rabo z vidika različne namembnosti končnih aplikacij. Opišite tudi konkretne rešitve integracije, ki so zasnovane na temelju predstavljenih tehnologij in standardov ter izpostavite njihove prednosti in slabosti. Izpostavite predvsem varnostni vidik, pa tudi skalabilnost in okolje za izdelavo aplikacije. V zadnjem delu naloge izdelajte primer integracije sistema za upravljanje odnosov s strankami s Ciscovim sistemom IP telefonije, pri čemer uporabite predstavljene standarde in smernice. Rešitev tudi preizkusite in kritično ovrednotite.

Mentor:


doc. dr. Mojca Ciglarič



Dekan:


prof. dr. Franc Solina

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil \LaTeX .

Namesto te strani **vstavite** original izdane teme diplomskega dela s podpisom mentorja in dekana ter žigom fakultete, ki ga diplomant dvigne v študentskem referatu, preden odda izdelek v vezavo!

IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani Marko Tišler,

z vpisno številko 63040166,

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Integracija sistemov VoIP z računalniškimi aplikacijami

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Mojce Ciglarič
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki "Dela FRI".

V Ljubljani, dne 29.06.2010

Podpis avtorja:

Zahvala

Za mentorstvo in nasvete pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem doc. dr. Mojci Ciglarič.

Zahvaljujem se tudi podjetju NIL d.o.o., ki mi je omogočilo uporabo programske in strojne opreme za namene diplomskega dela.

Kazalo

Povzetek	1
Abstract	3
1 Uvod	5
2 Uvajanje novih storitev	7
3 Pregled tehnologij in standardov s področja VoIP integracije	12
3.1 Trendi	12
3.2 Signalizacija	12
3.3 Prenos govora	13
3.4 Arhitekturi IN in AIN	13
3.5 Standard CSTA	14
3.6 Arhitektura omrežja VoIP	15
4 Varnostni vidik	17
5 Načini povezovanja s sistemom VoIP	21
5.1 Nadzor klicev s strani prve osebe	21
5.2 Nadzor klicev s strani tretje osebe	22
5.3 Protokol SIP	23
5.4 Protokol H.323	26
5.5 Primerjava SIP in H.323 s stališča integracije	27
5.5.1 Število podprtih funkcionalnosti	27
5.5.2 Kompleksnost	28
5.5.3 Skalabilnost	28
5.5.4 Razširljivost	28
5.5.5 Varnost	29
5.6 VoiceXML in CCXML	30

5.7	Tehnologije CTI	31
5.7.1	Meje sistema	32
5.7.2	Vmesnik CTI	33
5.7.3	Standardi TAPI, TSAPI in JTAPI	33
5.7.4	Protokol CTIQBE kot primer tehnologije CTI	40
5.7.5	Protokol UCCXCTI kot primer tehnologije CTI	41
5.7.6	Integracija za namene administracije sistema VoIP	41
5.7.7	Uporaba spletnih storitev	42
6	Primerjava Cisco JTAPI, Cisco TAPI in spletne storitve Cisco WebDialer	44
6.1	Število podprtih funkcionalnosti in kompleksnost	44
6.2	Odzivnost	44
6.3	Skalabilnost	45
6.4	Varnost	45
7	Implementacija integracije sistema CRM s sistemom VoIP	47
7.1	Orodja in okolje za izdelavo rešitve	48
7.2	Izbira načina povezovanja	49
7.3	Komunikacija z IP centralo	49
7.4	Nadzor osnovnih funkcij IP telefona	52
7.5	Povezava s sistemom CRM in prikaz podatkov o klicoči osebi	56
8	Ovrednotenje implementacije	59
9	Zaključek	61
	Seznam slik	63
	Literatura	64

Seznam uporabljenih kratic in simbolov

- ACD Automatic Call Distribution (samodejno razporejanje klicev)
- AIN Advanced Intelligent Network (napredno inteligentno omrežje)
- ASR Automatic Speech Recognition (samodejno prepoznavanje govora)
- CAPF Certificate Authority Proxy Function (mehanizem za izmenjavo digitalnih potrdil)
- CPL Call-Processing Language (jezik za kontrolo klicev zasnovan na XML)
- CRM Customer Relationship Management (upravljanje odnosov s strankami)
- CSTA Computer Supported Telecommunications Applications (standard abstrakcije telefonskega sistema za izdelavo aplikacij)
- CTI Computer Telephony Integration (integracija računalnika s telefonskim sistemom)
- CTIQBE Computer Telephony Integratio Quick Buffer Encoding (CTI protokol)
- CTLCertificate Trust List (seznam odobrenih digitalnih potrdil)
- CUCM Cisco Unified Communications Manager (oznaka za IP telefonsko centralo podjetja Cisco)
- ECMA European Computer Manufacturers Association (organizacija ki sprejema standarde na področju informacijskih in komunikacijskih sistemov)
- ETSI European Telecommunications Standards Institute (organizacija ki sprejema standarde na področju informacijskih in komunikacijskih sistemov)
- H.323 komunikacijski protokol v okolju VoIP
- HTML Hyper Text Markup Language (jezik za označevanje nadbisedila)
- HTTP HyperText Transfer Protocol (glavna metoda za prenos informacij na spletu)
- HTTPS HyperText Transfer Protocol Secure (zavarovana različica HTTP)
- IEC International Electrotechnical Commission (organizacija ki sprejema standarde na področju elektronike)
- IN Intelligent Network (inteligentno omrežje)

- ISDN Integrated Services over Digital Network (integrirane storitve preko digitalnega omrežja)
- ISO International Organization for Standardization (mednarodna organizacija za sprejemanje standardov)
- IVR Interactive Voice Response (telekomunikacijska tehnologija ki omogoča izdelavo telefonskih odzivnikov)
- JTAPI Java Telephony Application Programming Interface (programski vmesnik namenjen integraciji s telefonskim sistemom za okolje Java)
- LSC Locally Significant Certificate (lokalno digitalno potrdilo)
- MGCP Media Gateway Control Protocol (protokol namenjen upravljanju govornih prehodov)
- OSI Open System Interconnection (referenčni sistem za povezovanje odprtih sistemov)
- RAS Registration, Admission and Status (skupina sporočil znotraj H.323 protokola)
- RFC Request for Comments (zahtevek za spremembo)
- RTP Real-time Transport Protocol (protokol za prenos v realnem času)
- SCCP Skinny Call Control Protocol (protokol za kontrolo telefonov)
- SIP Session Initiation Protocol (protokol za vzpostavitev seje)
- SOAP Simple Object Access Protocol (protokol za dostop do spletnih storitev)
- SRTP Secure Real-time Transfer Protocol (varna različica protokola RTP)
- TAPI Telephony Application Programming Interface (programski vmesnik za integracijo s telefonskim sistemom)
- TCP/IP Transmission Control Protocol (protokol za nadzor prenosa), / Internet Protocol (internetni protokol)
- TLS Transport Layer Security (protokol za varno komuniciranje v omrežju)
- TSAPI Telephony-services Application Programming Interface (programski vmesnik za integracijo s telefonskim sistemom)
- TTS Text To Speech (pretvorba teksta v govor)
- UCCX Unified Contact Center Express (IVR rešitev podjetja Cisco)
- UCCXCTI Unified Contact Center Express Computer Telephony Integration (protokol CTI namenjen UCCX)
- UDP User Datagram Protocol (nepovezani protokol prenosa podatkov v modelu TCP/IP)
- VoIP Voice over IP (prenos govora preko IP omrežja)
- VRU Voice Response Unit (naprava ki zagotavlja funkcionalnosti glasovnih odzivnikov)
- XML Extensible Markup Language (razširljiv označevalni jezik)

Povzetek

Diplomsko delo se loteva raziskave področja povezovanja dveh do nedavnega ločenih sistemov, sistema telefonije ter računalniškega sistema, na katerem tečejo uporabniške aplikacije. S pojavom tehnologij, ki omogočajo souporabo omrežja za prenos podatkov tako računalniškim sistemom kot tudi telefonskemu sistemu, smo priča vse tesnejšemu povezovanju teh dveh do sedaj popolnoma ločenih svetov. Tem tehnologijam s skupnim imenom pravimo tudi Voice over IP ali krajše VoIP, za sisteme IP telefonije pa se pogosto uporablja oznaka sistemi VoIP. V diplomskem delu so predstavljeni in med seboj primerjani različni pristopi in standardi na področju integracije sistemov IP telefonije z računalniškimi aplikacijami ter trendi povezovanja dveh vse tesneje povezanih sistemov - IP telefonije in računalniškega sistema ki za komunikacijo uporablja IP omrežje, ki jih označuje kratica CTI (Computer Telephony Integration). Osrednji del diplomskega dela je prav predstavitev standardov s tega področja ter opis smernic za njihovo uporabo in nadaljni razvoj ter primerjava teh standardov z različnih vidikov, pomembnih za izdelavo komercialno zanimivih aplikacij v danes najbolj razširjenih sistemih IP telefonije.

Predstavitvi standardov sledi opis konkretnih rešitev, ki so zasnovane na njihovi podlagi. Opisane rešitve so implementirane v okolju Cisco Unified Communications, vendar vse sledijo standardom in jih zato brez težav primerjamo z ustreznimi standardiziranimi rešitvami drugih proizvajalcev sistemov IP telefonije. Glavni namen teh poglavij je ugotavljanje prednosti in slabosti posameznih rešitev ter njihove primernosti za posamezna okolja in načine uporabe. Izpostavljeni vidiki primerjave so predvsem varnost, skalabilnost, razširljivost, kompleksnost, število podprtih funkcionalnosti ter okolje izdelave aplikacije.

V tretjem delu diplomskega dela je predstavljena izdelava aplikacije namenjene integraciji sistema za upravljanje odnosov s strankami Microsoft Dynamics CRM s sistemom IP telefonije zasnovanem na okolju Cisco Unified Communications. Aplikacija omogoča upravljanje s telefonskimi klici, podobno kot namizni telefon, poleg tega pa prikazuje tudi podatke o kličoči osebi ter uporab-

niku omogoča vnos podatkov v sistem CRM brez zamudnih operacij iskanja osebe in odpiranja ustreznih zaslonkih mask. Aplikacija je izdelana na podlagi enega izmed predstavljenih standardov in upošteva v delu predstavljene smernice izdelave, s tem pa pokriva tudi bistveno problematiko ki se je diplomsko delo in tudi samo obravnavano področje lotevata, to je kontrola klicev z osebnega računalnika.

Na koncu diplomskega dela se nahajata še pregled in ovrednotenje predstavljene rešitve in okolja v katerem je aplikacija implementirana. Prednost te rešitve je upoštevanje opisanih standardov, zaradi česar jo lahko uporabimo za komunikacijo z IP telefonskimi centralami različnih proizvajalcev. Poleg tega je razširljiva in enostavno prenosljiva. Zelo enostavno bi jo namreč uporabili za integracijo s kako drugo aplikacijo. Najbolj očitna slabost rešitve je pomanjkanje varnostnih mehanizmov in občutljivost za opisane napade, zaradi česar je izpostavljena zlorabam.

Ključne besede: IP telefonija, VoIP, integracija, CTI, kontrola klicev

Abstract

This diploma thesis discusses the interconnection of two systems that were strictly separated until emergence of recent technologies which enable coexistence of voice and data in the same network. These technologies bring two completely separate worlds of telephony networks and data networks closer together and they go under a common name of Voice over IP technologies or simply VoIP. This most often results in computer applications which use call control mechanisms and is commonly known as computer telephony integration.

The diploma thesis introduces and compares different standards and solutions which cover this particular technical field and it also discusses current trends in computer telephony integration in IP based networks. The main part of the diploma thesis focuses on describing these standards and discusses their common usage and trends in their development. It also compares them on the basis of their attributes, which are crucial for the development of commercially interesting applications.

The second part discusses some particular implementations of these solutions which all follow proposed standards. These solutions are all a part of Cisco Unified Communications environment by Cisco Systems, although they can be easily compared to solutions provided by all other major manufacturers, since they are all based on same standards. The main focus of this part is to show strengths and weaknesses of these solutions and to show how and in which environments they are used best. The main points of this discussion are scalability, complexity, security, number of supported functionalities and their extensibility.

The third part introduces an example of how this integration is done using one of the discussed standardized solutions. For the final example, I have developed a call control application which integrates with a customer relationship management system Microsoft Dynamics CRM and introduces basic call control to it's user interface. It also enables the application to automatically show information about the caller stored in Dynamics CRM when the called

party receives an incoming call, thus simplifying the process of gathering and entering data regarding phone conversations with customers.

The thesis concludes with a critical analysis of the implemented solution and its environment. The key advantages of this solution come from following all the discussed standards. This makes it easy to connect to other PBX systems or even integrate it with other applications. The implementation is very weak security-wise, since it is exposed to attacks.

Key words: IP telephony, VoIP, call control, CRM, computer telephony integration

Poglavje 1

Uvod

IP telefonija je v zadnjih letih postala zelo razširjena tehnologija in uspešno nadomešča klasično telefonijo v mnogo podjetjih. Z njeno uvedbo vse bolj izginja ločnica med telefonskim ali govornim omrežjem na eni strani in podatkovnim omrežjem na drugi strani, saj si sedaj oba lahko delita isto omrežno infrastrukturo in za komunikacijo uporabljata iste protokole, kar prinaša kar nekaj prednosti. Nižji stroški, enostavnejša možnost razširitve telefonskega omrežja, enostavnejša administracija telefonskega sistema in možnost neposredne povezave računalnika in telefona so samo nekatere izmed teh prednosti, od katerih je za končnega uporabnika IP telefonije ravno zadnja izmed navedenih prednosti z uvedbo nove tehnologije najbolj očitna.

Zaradi samega imena tehnologije in krstice "IP" v imenu ni presenetljivo da ob omembi IP telefonije večina uporabnikov najprej pomisli na povezavo računalnika in telefona. Ker si sedaj obe napravi delita isto omrežje in uporabljata enake komunikacijske protokole je seveda vprašanje popolnoma smiselno, nanj pa so pomislili tudi proizvajalci IP telefonskih central, saj na tak ali drugačen način poskrbijo za podporo komunikacije računalnika s telefonskim sistemom preko IP protokola, na tem področju pa obstaja tudi že nekaj standardov in uveljavljenih tehnologij.

Večina inženirjev ki se ukvarjajo s tem področjem, se pri implementacijah sistemov VoIP v podjetjih pogosto srečuje z vprašanji, kako bi novi telefonski sistem podjetja lahko povezali z različnimi računalniškimi aplikacijami, od aplikacij za pošiljanje elektronske pošte, sistemov za upravljanje odnosov s strankami do aplikacij namenjenih mobilnim telefonom, in tudi internih informacijskih sistemov. Ta vprašanja rešujejo ravno s pomočjo prej omenjenih tehnologij, ki pa se med seboj močno razlikujejo, in odločitev, katera izmed njih bo najbolj primerna v posameznem primeru, ni vedno očitna, poleg tega pa vsaka od njih

s sabo prinaša določene slabosti in omejitve, ki jih je treba upoštevati. Poleg same možnosti opravljanja telefonskih klicev so telefonski sistemi že pred prihodom IP telefonije uporabniku nudili določene dodatne storitve, kot so glasovna pošta, prikaz imena klicanega in različne prevezave klicev, ki v sistemu IP telefonije le še pridobijo na pomenu, saj jih lahko še dodatno prilagodimo uporabnikovim zahtevam in razširimo s popolnoma novimi funkcionalnostmi. Navsezadnje pa z uvedbo sistema VoIP navadno ne govorimo več le o telefoniji kot taki, temveč se vse bolj uveljavlja pojem združenih komunikacij, ki označuje sobivanje vseh v podjetju razpoložljivih načinov elektronskega komuniciranja v istem omrežju. Pojem združenih komunikacij tako zajema komunikacijske kanale, kot so IP telefonija, takojšnje pošiljanje tekstovnih sporočil, elektronska pošta, glasovna pošta, glasovno sporočanje vnaprej posnetih sporočil, faks sporočila in različne kontaktne centre. Različni algoritmi usmerjanja klicev z uvedbo IP telefonije v podjetju navadno niso več odvisni od ponudnika telefonskih storitev, saj so z uvedbo IP telefonske centrale razvijalcem na voljo različni mehanizmi za izdelavo poljubnih pravil za usmerjanje telefonskih klicev, naslednji korak pa sta implementacija elektronske tajnice ali klicnega centra, kjer sistem glasovno vodi klicatelja skozi zvočne menije, ta pa s pomočjo tonskega ali celo glasovnega izbiranja komunicira s sistemom.

Problem, ki se tipično pojavi, ko se odločimo napisati aplikacijo ki se integrira s telefonskim sistemom, je, na kakšen način to narediti. Na razpolago imamo več različnih pristopov, katerega od njih uporabiti? Kakšne so prednosti in kakšne slabosti posameznih pristopov? Kako izbrati najbolj ustrezen pristop za konkreten problem?

Cilj diplomskega dela je predstavitev tehnik integracije in standardov na tem področju ter primerjava posameznih tehnik med seboj, izdelavo aplikacije, ki se integrira s telefonskim sistemom pa ponazoriti s konkretnim primerom.

Poglavje 2

Uvajanje novih storitev

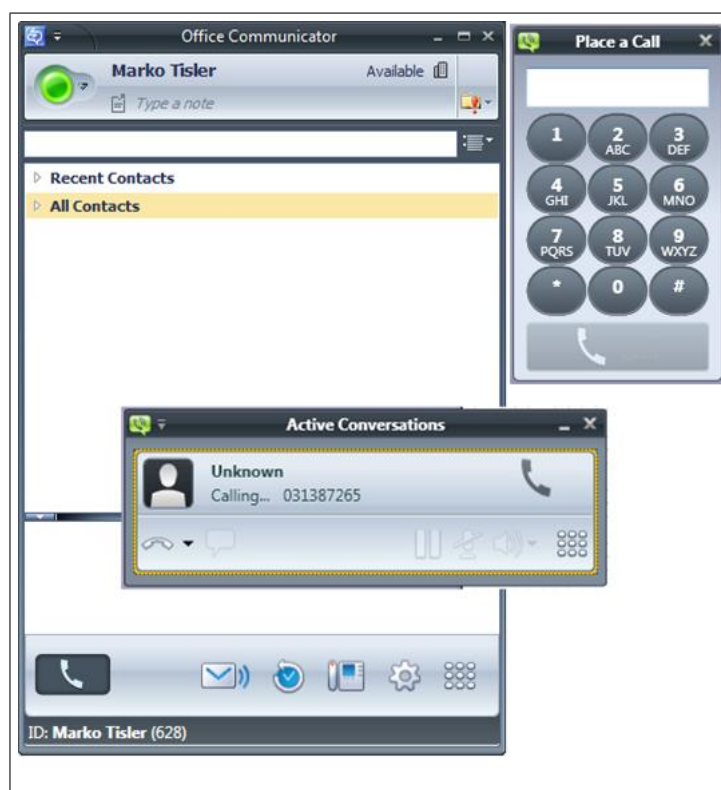
Potreba po povezovanju sistemov VoIP z računalniškim sistemom se je pojavila na različnih področjih in v različnih aplikacijah. Ključni motivaciji pri uvedbi integracije sta prilagoditev sistema uporabniku in povečanje kontrole nad sistemom. To sta dva vidika klasične telefonije, kjer so bili uporabniki do prihoda IP telefonije popolnoma nemočni, telefon pa je ostal omejen le na majhno število standardnih funkcionalnosti. Pomembno se je tudi zavedati da kljub temu, da so določeni proizvajalci že ponujali tak ali drugačen način integracije računalniških sistemov s sistemom telefonije še pred pojavom IP telefonije zaradi dejstva, da je računalniški sistem komuniciral po popolnoma ločenem omrežju kot sistem telefonije, integracija med obema ni bila možna brez posebnih naprav, ki so premostile komunikacijski most. Naj naštejemo samo nekaj funkcionalnosti, ki so z uvedbo integracije računalniških sistemov s sistemi VoIP postale možne:

- overjanje: od uporabnika se zahteva da se za dostop do virov telefonskega sistema na nek način overi. Na podlagi tega se mu dodeli ali omeji pravice na katere telefonske številke sploh lahko kliče
- beleženje in zaračunavanje klicev: vsak klic in vsi z njim povezani podatki, kot so cena, trajanje, klicoča in klicana številka ter podatki o uporabniku se beležijo v podatkovni bazi. Tako je vedno možno slediti telefonski porabi
- avtomatizirano klicanje: vse bolj je razširjeno avtomatsko klicanje strank v različnih klicnih centrih, kjer se z uvedbo avtomatizacije klicanja operaterji lahko posvečajo le še telefonskim pogovorom in vnosom podatkov. Klicanje namesto njih opravlja sistem sam, njihova naloga je le, da se

prijavljajo in odjavljajo iz sistema ter seveda da opravljajo telefonske pogovore

- procesiranje zvoka: zajem zvoka iz različnih telefonskih klicev je postala bistveno enostavnejša naloga, enako velja tudi za možnost snemanja klicev, predvajanje in posredovanje glasovnih sporočil in izdelavo različnih glasovnih odzivnikov. Te storitve označuje kratica IVR (Interactive Voice Response), napravo, ki podpira te storitve, pa označujejo kratica VRU (Voice Response Unit). Gre za strežnik, ki gosti aplikacije, ki zagotavljajo storitve IVR
- prikaz na ekranu: podatki o klicu in o klicanem se prikazujejo bodisi na telefonu ali na osebem računalniku na podlagi podatkov, pridobljenih iz podatkovne baze. Prav tako je možno okrnjeno ali popolno upravljanje z namiznim telefonom preko uporabniškega vmesnika na ekranu
- pošiljanje in prejemanje fax sporočil preko sistema za elektronsko pošto
- razporejanje klicev: telefonske klice lahko na podlagi različnih kriterijev (telefonska številka, podatki, vneseni s pomočjo tonskega izbiranja) sistem razporeja uporabnikom ali pa jim določa prioriteto obdelave in poskrbi da so deležni ustrezne obdelave. To omogoča izdelavo elektronskih tajnic, elektronskih prevovalcev ali inteligentnih kontaktnih centrov. Namesto da bi klicatelj moral čakati na človeka, ki bo njegov klic usmeril na pravilno destinacijo, za to v omenjenih primerih lahko poskrbi aplikacija. Te storitve so znane pod kratico ACD (Automatic Call Distribution).

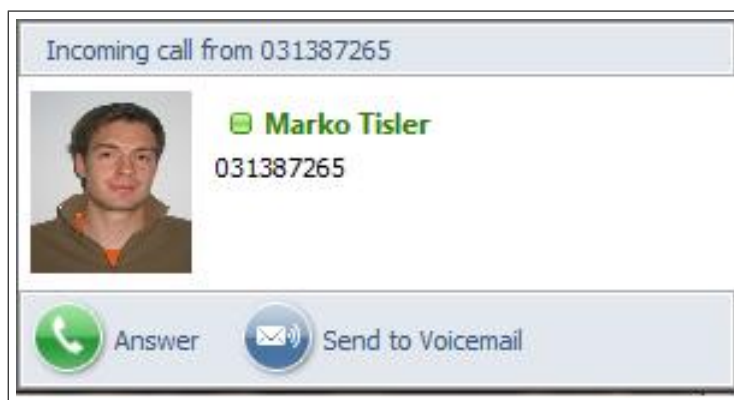
Nove možnosti in ideje za integracijo IP telefonije in računalniških sistemov se stalno pojavljajo, saj je tehnologija relativno nova, različnih načinov uporabe pa je ogromno. Omenjeni primeri integracije so samo najbolj pogosto implementirani, praktično vsako podjetje pa ima lastno idejo in vizijo, kako za svoje potrebe v svojih poslovnih procesih izkoristiti možnosti te integracije. Z izpopolnjevanjem tehnologij kot sta pretvorba zvoka v tekst (Automatic Speech Recognition) in pretvorba teksta v zvok (Text To Speech), se odpirajo še dodatne možnosti in vse večja avtomatizacija določenih procesov za katere je trenutno še vedno potreben človek ki na koncu dvigne telefon in se pogovori s kličočim. Najbolj razširjena uporaba te tehnologije je prav v kontaktnih centrih, saj pomaga pri zmanjševanju tako nepriljubljenega čakanja na prostega operaterja, omogoča bolj učinkovito delo ljudem, ki sprejemajo klice, saj sistem lahko poskrbi, da dobijo le tiste klice, za katere so zadolženi, hkrati



Slika 2.1: Primer aplikacije ki opravlja funkcije namiznega telefona.

pa jim že pred dejanskim kontaktom s klicateljem sistem lahko posreduje vse razpoložljive podatke o klicatelju, kar naredi sam telefonski pogovor precej bolj prijeten tudi za slednjega, saj mu ni več treba večkrat zaporedoma sporočiti enakih podatkov, vsakič drugemu človeku.

Z integracijo telefonije z računalniškim sistemom pa smo navsezadnje lahko pričala tudi popolni virtualizaciji namizja, saj je bil telefon do zdaj še zadnja naprava na namizju, ki se v navidezni obliki ni znašla na osebnem računalniku. Primer virtualizacije namiznega telefona je prikazan na sliki 2.1, na sliki 2.2 pa je prikazano obvestilo o dohodnem klicu na računalniku, ki prikaže tudi sliko in ime klicoče osebe. Proizvajalci IP telefonskih central ponujajo različne možnosti integracije njihovega sistema z računalniškimi aplikacijami, od katerih je najbolj osnovna omogočanje komunikacije preko dveh standardiziranih protokolov SIP ali H.323, ki oba temeljita na protokolu TCP/IP. Oba protokola ustrezata petemu nivoju OSI modela. To je najbolj neposreden in tudi najbolj zahteven pristop, ki zahteva tudi največ vložene delo in znanja. Nasled-



Slika 2.2: Primer obvestila ob dohodnem klicu in prikaz klicatelja.

nji korak je zagotovitev programskega vmesnika za enega ali več programskih jezikov, ki razvijalcu delno skrije kompleksnost telefonskega sistema, še vedno pa mora poznati in upoštevati vsa pravila tega sistema. Po OSI modelu se vse take rešitve nahajajo na sedmem nivoju. Vodila za izdelavo takega vmesnika narekuje standard TAPI.

Kot zadnjo rešitev omenjam zagotovitev razvojnega okolja ki razvijalcu omogoča razvoj aplikacij brez podrobnega poznavanja telefonskega sistema, saj so vse njegove specifične lastnosti razvijalcu skrite. Verjetno je največja težava, s katero se sreča razvijalec pri implementaciji integracije sistema IP telefonije z različnimi računalniškimi aplikacijam,i prav nepoznavanje protokolov in pravil, ki jih je treba upoštevati. Izdelava takega orodja je seveda popolnoma prepuščena proizvajalcu, prva dva pristopa pa imata bolj ali manj podobne lastnosti pri vseh proizvajalcih IP telefonskih central, saj morata slediti industrijskim standardom. Na sliki 2.3 je prikazana integracija telefonskega sistema z uporabniškim programom Microsoft Outlook.



Slika 2.3: Primer integracije v odjemalcu elektronske pošte Outlook.

Poglavje 3

Pregled tehnologij in standardov s področja VoIP integracije

V tem poglavju bodo predstavljeni standardi in tehnologije, ki jih je treba poznati, preden se lotimo same integracije s sistemom VoIP.

3.1 Trendi

Različnih vmesnikov za vpeljavo novih storitev in integracijo z računalniškimi sistemi je ogromno, saj vsak proizvajalec tovrstne opreme ponuja svojo rešitev. To seveda pomeni da na novo nastale rešitve niso prenosljive med sistemi različnih proizvajalcev, saj so proizvajalci pri svojih rešitvah uporabljali med seboj nezdružljiva orodja. Na srečo se je stanje v zadnjih letih precej izboljšalo, predvsem po zaslugi standardov CSTA in TAPI, pojava odprtih protokolov, kot je SIP, ter tehnologij VoiceXML in CCXML. Za leto 2008 podjetje Gartner [9] ugotavlja, da že več kot 80% proizvajalcev IVR rešitev na trgu uporablja standarde, kot so VoiceXML, CCXML in CSTA, kar pomeni vse manj zaprtih in okornih rešitev.

3.2 Signalizacija

Signalizacija je bila in ostaja pomemben del vsakega telefonskega sistema, ne glede na platformo. Naj gre za analogno, ISDN ali IP telefonsko centralo, vsaka od njih se mora na nek način sporazumevati z napravami na strani ponudnika telefonskih storitev, kot tudi s končnimi napravami v telefonskem omrežju podjetja. Njen namen je posredovanje zahtev za vzpostavitev, spre-

membo ali prekinitev klicev in posredovanje informacij o klicih. V svetu IP telefonije jo največkrat zagotavljata protokola SIP in H.323, ki sta bila delno že omenjena v uvodu, poleg tega pa sta prva točka kjer lahko poteka integracija računalniškega sistema in sistema IP telefonije, treba je le zagotoviti podporo enemu od obeh protokolov na končni napravi. Oba protokola sta odprta in dobro dokumentirana ter zato zanimiva za obravnavo. Omeniti velja še protokola SCCP in MGCP, ki pa žal nimata take privlačnosti za namen integracije. Prvi, SCCP, zaradi svoje zaprtosti, saj njegove specifikacije niso javno dostopne. Drugi, MGCP, pa v primerjavi s SIP in H.323 protokoloma ponuja bistveno bolj omejene možnosti, zato ga na tem mestu zglj omenjamo.

3.3 Prenos govora

Končni cilj vzpostavitve telefonskega klica je ne glede na uporabljeno tehnologijo izmenjava govora udeležencev. Pri klasični telefoniji je prenos govora zagotavljala pretvorba zvočnih v električne signale in njihov prenos po bakreni žici, pri prehodu telefonije v IP omrežje pa je treba zagotoviti, da se govor prenese iz ene strani IP omrežja na drugo stran, zato je treba tudi prej opisani postopek posredovanja govora ustrezno prilagoditi. Tako kot v primeru klasične telefonije je treba zajeti zvočne signale in jih pretvoriti. Za prenos po IP omrežju jih je treba najprej digitalizirati, razdeliti v manjše dele, te dele opremiti z ustreznimi informacijami za prenos skozi IP omrežje na ustrezno destinacijo, na kratko, tvoriti je treba IP pakete ki nosijo digitaliziran zvok. Zaradi lastnosti IP omrežja, ki omogočajo paketom da lahko iz točke A pridejo v točko B po različnih poteh, kar ima za posledico napačno zaporedje paketov, je treba znotraj IP paketa posredovati tudi informacijo o njegovi zaporedni številki. Opisano v sistemih IP telefonije omogoča protokol RTP. Ne glede na predstavljeni način integracije bo v okviru tega dela to vedno edini uporabljeni protokol za prenos govora.

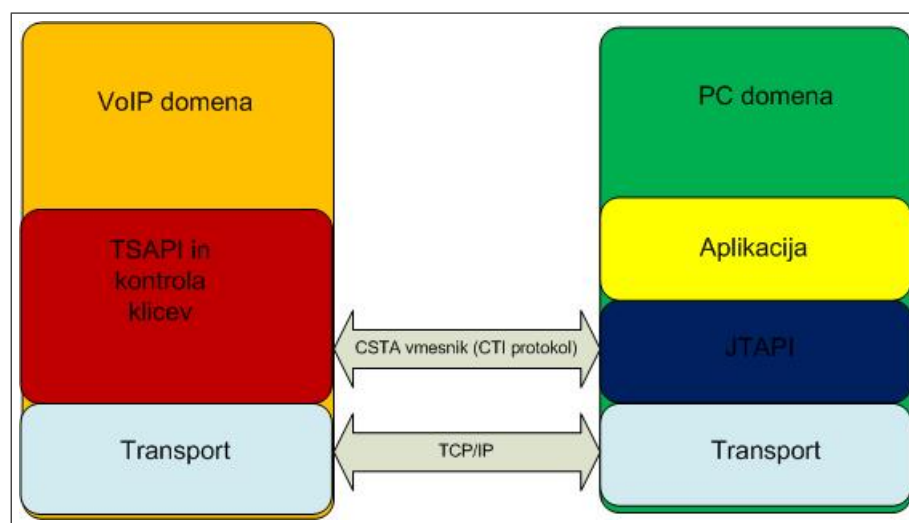
3.4 Arhitekturi IN in AIN

Če smo v uvodu govorili o selitvi telefonskega omrežja na isto omrežno infrastrukturo, ki jo je do sedaj že uporabljalo podatkovno omrežje, kot o začetnem koraku povezovanja IP telefonije in računalniških sistemov, potem je treba omeniti arhitekturi IN (Intelligent Network) in AIN (Advanced Intelligent Network). Arhitektura IN označuje omrežje, ki je zgrajeno tako, da omogoča delovanje različnih storitev. Njeno bistvo je ločitev logike posameznih storitev

in opreme, ki zagotavlja prenos podatkov tem storitvam, razvita pa je bila v podjetju Telcordia Technologies. Kasneje se je iz nje s pomočjo Bellovih laboratorijev razvila arhitektura AIN, ki je postala industrijski standard. V okviru AIN in IN arhitektur je seveda govora o klasičnem javnem telefonskem omrežju kot omrežju, ki podpira različne dodatne storitve kot sta glasovno izbiranje in opcija 'ne moti', ni pa težko videti, da IP omrežje zagotavlja enake lastnosti in doseže enake cilje, kot se jih trudita arhitekturi IN in AIN, torej doseči čim večjo in čim lažjo razširitev telefonskega omrežja z novimi storitvami brez dodatnih posegov v samo omrežno infrastrukturo.

3.5 Standard CSTA

CSTA (Computer Supported Telecommunications Applications) je standard, ki so ga predlagale organizacije ECMA, ETSI in ISO/IEC, katerega namen je vzpostavitev modela telefonskega sistema, ki podpira razširljivost nabora storitev telefonskega sistema. Namen uvedbe modela CSTA je zagotoviti enake platforme za vse dodatne storitve, ki so povezane s sistemom telefonije, in omogočiti razvoj novih storitev brez poznavanja ali poseganja v sam telefonski sistem. Točneje, model CSTA v primeru IP telefonije, zagotovi nivo abstrakcije za SIP in H.323 ter za vse s signalizacijo povezane funkcionalnosti, brez poseganja v katerega izmed protokolov. CSTA model je tisti, ki ponuja osnovni mehanizem za komunikacijo računalnika in telefonskega sistema in je neodvisen od medija in naprave. Ponuja skupno 136 funkcionalnosti in 19 uporabniških stanj, vendar proizvajalci v svoji implementaciji vmesnika niso dolžni zagotoviti podpore za vse funkcije in stanja. Abstrakcijo z modelom CSTA predstavlja slika 3.1.



Slika 3.1: Komunikacija med PC domeno in VoIP domeno.

3.6 Arhitektura omrežja VoIP

Kako pa IP telefonsko omrežje zares podpira lastnosti, ki jih predpisujeta arhitektura AIN in standard CSTA? Najmanj kar potrebujemo za realizacijo omenjenih lastnosti v IP omrežju, so stikala in usmerjevalniki. Te naprave zagotavljajo prenos paketov skozi omrežje, s samo logiko storitev telefonije pa nimajo nobenega opravka. S tem je izpolnjena prva zahteva, ki jo postavlja arhitektura AIN, torej naprave, ki omogočajo prenos podatkov skozi omrežje, so popolnoma neodvisne od samih storitev, ki so v omrežju omogočene. Za izpolnitev druge zahteve pa je potrebna še namestitev posebne naprave oz. naprav, ki zagotavljajo telefonske storitve in se zavedajo vseh njenih specifičnih pravil in lastnosti, to pa so IP telefonske centrale. Prav te tako postanejo vstopna točka tudi za integracijo ostalih storitev s sistemom VoIP.

Omeniti velja še naprave, ki zagotavljajo povezovanje internega telefonskega omrežja z javnim telefonskim omrežjem, imenovane govorni prehodi. Te naprave bi lahko umestili v isti sklop kot IP centrale, čeprav podpirajo bistveno manjši nabor storitev kot slednje. Tudi te naprave lahko predstavljajo vstopno točko za integracijo računalniških sistemov s sistemi VoIP in sicer z uporabo protokolov SIP in H.322. Čeprav se ta opcija na prvi pogled mogoče zdi privlačna, se zelo hitro izkaže za zelo težaven in omejen način integracije v primerjavi z načini, ki jih ponuja IP telefonska centrala. Poleg tega za razvijalca programske opreme izbira te poti pomeni tudi zahtevo po dobrem poznavanju delovanja

tako same IP telefonije kot tudi obeh protokolov. Ima pa omenjeni pristop tudi nekaj prednosti, kot bomo videli v naslednjem poglavju. Tako kot AIN želi ločiti prenos podatkov od storitev ki jih ta omogoča, tako je tudi v razvoju integracije računalniških sistemov s sistemom VoIP zaželeno da sistem telefonije kot tak ostane skrit razvijalcem, kar seveda omogoča lažji in hitrejši razvoj novih storitev kot tudi njihovo menjavo.

Kot konkreten primer IP telefonske centrale omenimo Cisco Unified Communications Manager, ki v tem diplomskem delu služi tudi kot platforma za izvedbo primerjav med različnimi načini integracije računalniških sistemov s sistemom IP telefonije. Na splošno ima ta centrala dve nalogi: upravljanje z napravami v sistemu VoIP in zagotavljanje povezovanja različnih naprav in storitev z IP telefonskim omrežjem. Integracija računalniškega sistema z omenjeno IP telefonsko centralo lahko zajema tako upravljanje z napravami sistema VoIP v smislu administracije in nastavitve kot tudi aktivno upravljanje s samimi klici.

Poglavje 4

Varnostni vidik

Pri vpeljavi integracije z VoIP sistemom se je treba zavedati, da lahko ob neprimernih varnostnih, ukrepih lahko nepooblaščen oseba pridobi dostop do virov celotnega sistema telefonije, posledice pa so lahko kraja osebnih podatkov o zaposlenih, namerno motenje delovanja sistema in opravljanje telefonskih klicev na tuj račun. Posamezni načini integracije imajo različne že vgrajene varnostne mehanizme, obstajajo pa tudi načini zaščite z uporabo drugih, zunanjih mehanizmov.

Pomembno se je zavedati, da vpeljava take integracije pomeni tudi dodatno potencialno mesto za vdor v telefonski sistem. Če ne poskrbimo za varnost, potem lahko z vpeljavo take aplikacije kljub že obstoječim varnostnim mehanizmom močno oslabimo njegovo varnost. V IP telefonskem omrežju v grobem ločimo pet vrst napadov [5]:

- zlorabe pri zaračunavanju storitev (Toll Fraud): pomeni izkoriščanje VoIP sistema z namenom pridobitve finančnih koristi in predstavlja najbolj kritičen napad v vseh telefonskih sistemih. Primer te vrste napada je interni uporabnik, ki ima dovoljenje za dostop do VoIP sistema in opravlja nedovoljene telefonske klice, naprimer na plačljive 090 številke. Drugi primer takega napada je, ko zunanji napadalec, ki praviloma nima dovoljenja za uporabo telefonskega sistema, opravlja klice na račun naročnika. V večini primerov to pomeni, da napadalec bodisi uspe spremeniti konfiguracijo IP telefonske centrale ali pa da poseže v klicno signalizacijo.

Za preprečitev napada je treba ustrezno omejiti dostop do IP telefonske central in zaščititi signalizacijska sporočila s pomočjo avtentikacije in kriptiranja. Pomembno je tudi, da je VoIP promet na logičnem nivoju ločen od podatkovnega prometa na nivoju omrežja (VLAN). Na ta način

poskrbimo, da dostop do virov sistema VoIP iz podatkovnega omrežja ni mogoč. Ker za vpeljavo integracije potrebujemo vsaj delno povezanost teh dveh sistemov, popolne ločitve ne moremo zagotoviti, zato moramo biti posebej pozorni na napade te vrste in moramo za ustrezne varnostne mehanizme poskrbeti na nivoju naše aplikacije

- zavrnitev storitve (Denial of Service): pomeni motenje storitev sistema ali dela sistema, s čimer je onemogočeno normalno delovanje. Ta vrsta napada pomeni, da nekdo pošilja ogromno količino zahtev proti napravam v sistemu VoIP s ciljem, da ohromi vire sistema do te mere, da novih zahtev ne morejo več procesirati. Viri sistema, ki jih tak napad lahko prizadene, so različni, od stikal in usmerjevalnikov, govornih prehodov do tipičnih VoIP naprav, kot sta IP telefonska centrala in telefon. Najprimernejša rešitev je logična ločitev podatkovnega in VoIP prometa (VLAN), vendar, kot vemo, popolna ločitev v našem primeru ni možna, zato moramo tudi v tem primeru za varnostne mehanizme poskrbeti na nivoju naše aplikacije
- kraja identitete (Impersonation): pomeni zmožnost da se napadalec sistemu predstavi kot zaupanja vreden uporabnik ali naprava. V tem primeru napadalec pridobi uporabniške podatke in telefonsko številko enega izmed veljavnih uporabnikov v VoIP sistemu in v njegovem imenu uporablja vire sistema. Kraja identitete pomeni pridobitev dejanskih podatkov o uporabniku, ali pa manipulacijo komunikacijskih protokolov (naprimer SIP, IP, ARP ali DNS)
- prisluškovanje (Eavesdropping, Man-in-the-Middle): je napad, katerega namen je pridobitev informacij. Prisluškovanje je v IP telefonskem omrežju postalo bistveno lažje kot v primeru klasične telefonije. V slednjem je prisluškovalac moral pridobiti fizični dostop do točno določene fizične telefonske povezave, v IP omrežju pa je dovolj, da se vključi v omrežje in prisluškuje IP prometu.
Napad se zgodi, ko napadalec pridobi možnost prestreči in tudi razvozlati signalizacijo ali govorni promet. To lahko počne v realnem času ali pa zgolj zbere in shrani podatke, do vsebine pa se s pomočjo analize prebije kasneje. Kljub temu, da je napad enostaven, ga je na srečo mogoče tudi enostavno preprečiti, najprej z logično ločitvijo podatkovnega in VoIP prometa, nato z uporabo enkripcije signalizacije in govornega prometa
- nepooblaščen dostop: pomeni dostop do virov sistema brez pravih pravic za dostop. Je podoben kraji identitete, razlika je v tem, da za nepooblaščen

dostop napadalcu ni treba ukrasti identitete drugega uporabnika, temveč izrablja druge slabosti sistema, kot so privzeta konfiguracija, polni medpomnilniki ter pomanjkljivi komunikacijski protokoli in signalizacija. Največkrat pomeni fizični dostop do virov sistema.

Iz opisanih napadov lahko vidimo, da sta za zaščito VoIP sistema poleg uporabe logičnih LAN omrežij (VLAN) potrebna predvsem dva mehanizma: zaščita signalizacije in zaščita govornega prometa.

Poleg mehanizmov, ki so vgrajeni v posamezne protokole in bodo opisani v naslednjih poglavjih, lahko za večjo stopnjo varnosti uporabimo tudi mehanizme na nivoju IP omrežja. Ti mehanizmi so:

- IPsec: s kreiranjem kriptiranih komunikacijskih tunelov med končno točko in IP telefonsko centralo lahko zaščitimo ves promet med njima. Mehanizem prinaša zelo dobro zaščito pred vsemi vrstami napadov, vendar je neroden za uporabo v VoIP omrežjih, poleg tega pa povzroči precej dodatnega komunikacijskega prometa v omrežju in slabo vpliva na skalabilnost
- TLS (Transport Layer Security): ta mehanizem je zelo razširjen in zagotavlja vzajemno avtentikacijo med odjemalcem in strežnikom s pomočjo izmenjave digitalnih potrdil. Daje zelo dobro zaščito pred prisluškovanjem in krajo identitete in v sistem vnaša zelo malo dodatnega prometa
- DTLS (Datagram Transport Layer Security): ta mehanizem zagotavlja enako zaščito kot TLS preko transportnega protokola UDP, zaradi česar mora v primerjavi s TLS zagotoviti še zanesljivo izmenjavo ključev (zaradi izgube paketov in paketov, ki prispejo v drugačnem zaporedju kot so bili poslani) in ponoven prenos paketov
- S/MIME (Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions): ta mehanizem je aktualen predvsem za protokol SIP, ki je osnovan na tekstovnih sporočilih, seveda pa ga lahko uporabimo tudi za zaščito drugih protokolov. Z uporabo digitalnih potrdil tako lahko kriptiramo vsebino SIP sporočil, s tem pa zaščitimo vsako posamezno sejo, vendar slabo vpliva na skalabilnost.

Vsi štiri mehanizmi negativno vplivajo na skalabilnost sistema, IPsec in S/MIME pa sta tu še posebej izrazita, zato ju ne uporabljamo pogosto. Zaradi svojih lastnosti je najbolj razširjen mehanizem zaščite v VoIP omrežjih TLS.

Pri implementaciji integracije z VoIP omrežjem se moramo zavedati, da z zanemarjanjem varnostnega vidika lahko močno oslabimo celoten sistem in da naša

aplikacija s stališča varnosti lahko postane šibka točka sistema, kljub temu da je v samem sistemu za varnost dovolj dobro poskrbljeno. Zato je pomembno, da pri izbiri načina povezovanja z VoIP omrežjem upoštevamo varnostni vidik in preučimo varnostne mehanizme, ki jih ponujajo, in tudi, za kaj moramo kot razvijalec aplikacije poskrbeti mi.

V naslednjem poglavju bomo govorili o samem načinu povezovanja aplikacij z VoIP omrežjem. V tem poglavju bodo predstavljeni tudi nekateri varnostni mehanizmi, ki so že prisotni v posameznih vmesnikih, vendar tudi v nadaljevanju poskušajmo obdržati pred očmi varnostni vidik tega povezovanja.

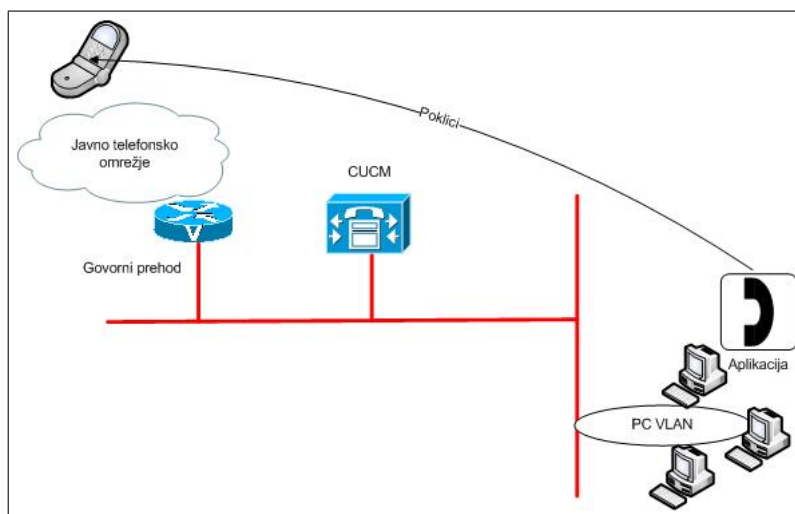
Poglavje 5

Načini povezovanja s sistemom VoIP

V splošnem obstajata dva načina povezovanja s sistemom VoIP. Prvi je nadzor klicev s strani prve osebe, kar pomeni, da aplikacija, ki komunicira s telefonskim sistemom tudi predstavlja točko kjer se klic zaključi. Taka aplikacija torej prevzame funkcionalnosti telefona. Drugi način je nadzor klicev s strani tretje osebe, kjer poleg klicočega in klicanega sodeluje še tretja aplikacija, ki ta klic nadzoruje. Aplikacija nadzoruje delovanje telefona ali skupine telefonov, vendar sama nikoli ni ponor ali vir telefonskih klicev.

5.1 Nadzor klicev s strani prve osebe

Nadzor klicev s strani prve osebe je prvi in tudi starejši način, označuje pa neposredno komunikacijo aplikacije s telefonskim omrežjem. Naprava, kjer teče aplikacija, je neposredno povezana s telefonskim omrežjem preko fizičnega vmesnika, kot je prikazano na sliki 5.1. Tak pristop je decentraliziran in lahko tudi v celoti obide IP telefonsko centralo, vendar je ravno zaradi potrebe po dodatnih vmesnikih za vsakega izmed telefonov in zaradi odsotnosti decentraliziranega upravljanja vse bolj nepriljubljen, saj vse to predstavlja le odvečne člene v celotni postavitvi in omejuje koriščenje vseh prednosti ki jih ponuja IP omrežje. Njegova prednost je enostavna in relativno poceni implementacija, saj ne zahteva IP telefonske centrale, vendar se tudi ta izkaže za dvorezen meč, saj odsotnost IP telefonske centrale zahteva celotno implementacijo funkcionalnosti IP telefonije v vsaki končni napravi, posledica pa je tudi odpornost sistema na napake, saj odpoved ene naprave ne moti preostalega telefonskega sistema. Skalabilnost te rešitve je zelo slaba, poleg tega se s številom vmes-

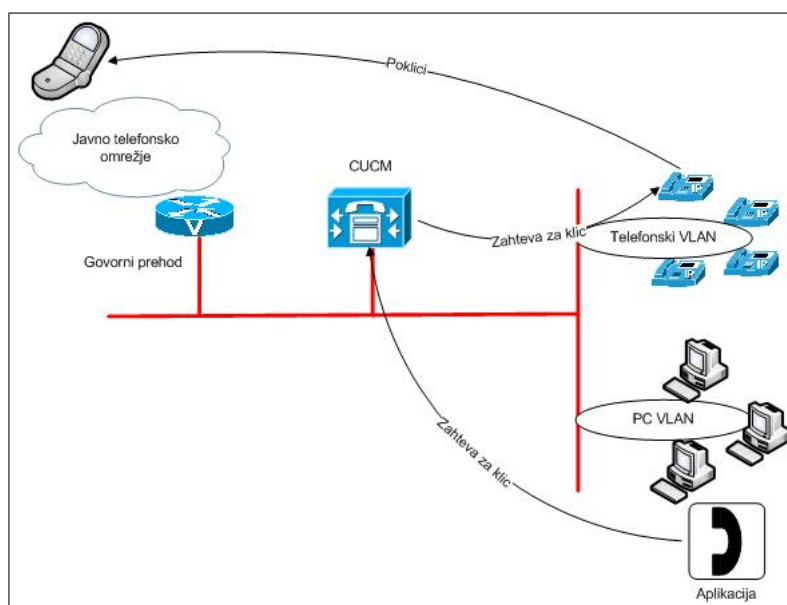


Slika 5.1: Primer aplikacije za nadzor klica s strani prve osebe

nikov tudi močno večja število odpovedi naprav, potreba po administraciji in vse večji obseg le-te. Dodatna slabost je vpeljava novih storitev v tak sistem, saj je treba novo nastale funkcionalnosti implementirati v vsaki končni napravi sistema. Poleg tega je z varnostnega vidika tak sistem zelo šibak, saj je v sistemu ogromno točk, ki napadalcu omogočajo vdor in zlorabo sistema.

5.2 Nadzor klicev s strani tretje osebe

Nadzor klicev s strani tretje osebe je drugi pristop in se nanaša neposredno na funkcionalnosti IP telefonske centrale. Vse zahteve in velika večina logike telefonskega sistema je implementirana na ločenem strežniku, komunikacijske poti v takem okolju pa prikazuje slika 5.1. Končne naprave so tako lahko bistveno bolj preproste in večino navodil za svoje delovanje dobijo od IP telefonske centrale. S stališča integracije je največja pridobitev z uvedbo tega načina možnost, da aplikacija, ne glede na to, kje se izvaja, lahko upravlja s katerim koli telefonom v omrežju. In končno, telefon v tem primeru sploh ni potreben, saj ga lahko nadomesti aplikacija, ki komunicira z IP telefonsko centralo, odpravi pa tudi potrebo po dodatnih fizičnih vmesnikih. Skalabilnost te rešitve je odlična, prav tako je enostavna integracija, dodajanje novih naprav in možnost vpeljave novih storitev, saj se vse to lahko dogaja na enem samem mestu. Povezava med napravo, kjer teče aplikacija, in telefonskim omrežjem je



Slika 5.2: Primer aplikacije za nadzor klica s strani tretje osebe.

v tem primeru logična. Prav tako je s stališča varnosti tak sistem bistveno bolj obvladljiv in ga je lažje zavarovati, saj mora vsa komunikacija potekati preko ene skupne točke, to je preko IP telefonske centrale. Slabost te rešitve je, da v primeru odpovedi IP telefonske centrale preneha delovati celoten telefonski sistem.

Kot bomo videli v nadaljevanju, ko bodo predstavljeni konkretni načini povezovanja, ti navadno podpirajo oba izmed omenjenih načinov povezovanja, vendar pa so zaradi nasprotujočih si lastnosti teh dveh načinov navadno močnejši v podpori enega izmed obeh načinov.

5.3 Protokol SIP

Protokol SIP je protokol signalizacije v sistemu IP telefonije, zadnja verzija protokola pa je opisana v RFC 3261. V TCP/IP arhitekturi je umeščen v aplikacijsko plast oz. v peto, sejno plast v modelu ISO/OSI in je neodvisen od lastnosti transportne plasti, lahko pa uporablja bodisi TCP, UDP ali STCP protokol iz transportne plasti. Privzeto komunicira preko vrat 5060, osnovan pa je na podlagi izmenjave tekstovnih sporočil, zelo podobno kot HTTP protokol. Protokol definira naslednje tipe sporočil za oblikovanje zahtev:

- REGISTER: s tem sporočilom končna naprava sporoči centrali svoj IP naslov in URL oz. telefonsko številko na katero bo sprejemala klice. Sporočilo je pomembno tudi z varnostnega vidika, saj centrala zahtevo lahko zavrne, če naprave ne pozna ali ji ne zaupa.
- INVITE: to sporočilo pomeni zahtevo po vzpostavitvi klica oz. seje med uporabniki
- ACK: potrditev prejema odgovora
- CANCEL: zahteva za prekinitev še nepotrjene zahteve
- BYE: zaključi klic oziroma sejo
- OPTIONS: zahteva za posredovanje lastnosti klica, ki jih podpira oddaljena naprava.

Odgovori na zahteve so vzeti iz HTTP protokola in uporabljajo iste oznake. Definirane so naslednje skupine in kode odgovorov:

- 1XX: potrditev o prejemu zahteve
- 2XX: zahteva je bila uspešno prejeta, razumljena in izpolnjena
- 3XX: za izpolnitev zahteve morajo biti izpolnjeni dodatni pogoji
- 4XX: zahteva ne more biti izpolnjena, ker je napačno oblikovana ali ker naprava ne razume komu je zahteva sploh namenjena
- 5XX: zahteva je bila pravilna, vendar strežnik ni mogel zagotoviti ustreznih virov
- 6XX: splošen odgovor, da naprava ne more izpolniti zahteve.

Primer SIP sporočila zahteve:

```
INVITE sip:user@nil.si SIP/1.0
Via: SIP/1.0/UDP local.nil.si
From: OC <sip:OpenCall.SIP@nil.si>
To: user <sip:user@nil.si >
Subject: Confcall
Call-ID: 628@nil.si
Content-Type: application/sdp
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:telecom@15.187.154.140>
Content-Length: 187
```

Primer SIP sporočila odgovora:

```
SIP/1.0 200 OK
Via: SIP/1.0/UDP local.nil.si;received=15.1.54.40
From: <sip:OpenCall.SIP@nil.si>
To: USER <sip:user@nil.si>
Call-ID: 628@local.nil.si
Content-Type: application/sdp
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:user@15.187.154.20>
Content-Length: 187
```

Sama integracija s pomočjo SIP protokola poteka tako, da aplikacija, ki jo želimo povezati s sistemom VoIP, komunicira z govornim preходом ali z IP centralo neposredno preko zgoraj opisanih zahtev in odgovorov. Obstaja veliko splošnonamenskih programskih vmesnikov za razvoj aplikacij, ki za komunikacijo uporabljajo SIP protokol, ki podpirajo vsa zgoraj opisana sporočila. Kot najbolj razširjene velja omeniti naslednje tri:

- CPL (Call Processing Language): ta programski vmesnik omogoča tvorbo SIP sporočil iz zapisa XML. Bolj točna definicija bi bila, da je CPL pravzaprav skriptni jezik, ki temelji na XML tehnologiji. Primer tvorbe SIP sporočila s CPL:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
  <cpl>
    <incoming>
      <address-switch field="origin" subfield="user">
        <address is="anonymous">
          <reject status="reject" reason="I reject anonymous calls"/>
        </address>
      </address-switch>
    </incoming>
  </cpl>
```

Razlaga: v primeru, da aplikacija prejme SIP INVITE sporočilo, ki ima izvorni naslov 'anonymous', potem pošlje REJECT sporočilo z opsiom "I reject anonymous calls"

- Parlay: programski vmesnik za SIP, namenjen razvoju v programskem jeziku Java. Kar ga loči od drugih podobnih vmesnikov, je močna skrb za varno komuniciranje

- JAIN SIP: prav tako programski vmesnik za programski jezik Java. Njegova močna stran je popolna usklajenost z RFC 2543 in RFC 3261, ki določata SIP protokol

Verjetno najboljši lastnosti protokola SIP za sam potek integracije dodatnih storitev v sistem IP telefonije sta njegova razširljivost in preprostost. Vsakdo lahko razširi SIP protokol z lastnimi sporočili, brez da bi spreminjal njegovo osnovo, seveda pa mora zagotoviti, da bodo novo razširitev razumele tudi druge naprave in aplikacije, ki želijo s tem ustvarjeno novo storitev podpirati, saj ta na novo definirana sporočila ne ustrezajo predpisom za SIP protokol, ki jih določa standard. Integracijo na podlagi protokola SIP lahko umestimo bodisi v skupino nadzora s strani prve osebe ali skupino nadzora s strani tretje osebe, umestitev je popolnoma odvisna od konkretne implementacije IP telefonskega omrežja in storitev.

5.4 Protokol H.323

Tudi protokol H.323 je protokol oz. natančneje gre za zbirko več protokolov signalizacije v sistemu IP telefonije, podobno kot SIP, vendar je v primerjavi s slednjim bistveno manj prilagodljiv in ni razširljiv. Uporablja se le za kontrolo klicev in je zato z vidika integracije bistveno manj zanimiv kot SIP, vendar je kljub dejstvu, da ga slednji počasi izpodriva, še vedno zelo razširjen saj predstavlja preslikavo Q.931 protokola za ISDN signalizacijo neposredno v okolje IP telefonije. Da ni najboljša izbira v primeru ko želimo v sistem IP telefonije vpeljati dodatne storitve, potrjujejo tudi podatek, da je bila ta zbirka protokolov razvita z namenom zagotoviti klasične telefonske storitve v IP omrežju. Protokoli, definirani znotraj H.323 so naslednji:

- H.225 zagotavlja signalizacijo za vzpostavitev klicev med dvema H.323 napravama
- H.225 RAS (Registration, Admission, Status) je protokol, ki se znotraj H.323 okolja uporablja za komunikacijo med končnimi napravami in napravo, imenovano vratar (gatekeeper). Ta naprava skrbi za ohranjanje zadostne pasovne širine in usmerjanje klicev, s čimer razbremeni končne naprave, saj ni treba da ima vsaka izmed njih implementirane vse H.323 funkcionalnosti. Ta protokol je pomemben tudi z varnostnega vidika, saj deluje zelo podobno kot sporočilo tipa REGISTER v SIP protokolu, s to razliko, da je bolj razdelan, saj vsebuje tudi neprestano obveščanje o sta-

tusu naprave (Status) in omejevanje dostopa že prijavljenim napravam (Admission)

- H.245 protokol je namenjen izmenjavi informacij, namenjenih kontroli klica med dvema končnima napravama v H.323 okolju.

Sam potek integracije s sistemom VoIP s pomočjo H.323 je zelo podoben prej opisanemu pristopu s SIP protokolom. Bistvena razlika je v tem, da H.323 ni razširljiv na enostaven način, kot je to SIP protokol, in zaradi tega je bistveno bolj omejen. Pozitivna stran pristopa je razširjenost H.323 in zelo široka podprtost, vendar se tudi to počasi spreminja, saj se uporaba SIP protokola vse bolj širi. Če je bil še dobri dve leti nazaj obravnavan kot nepopoln in ne tako zanesljiv kot H.323, je sedaj postal njegov logični naslednik. Integracijo na podlagi protokola H.323 lahko podobno kot v primeru SIP protokola umestimo bodisi v skupino nadzora s strani prve osebe ali skupino nadzora s strani tretje osebe, umestitev je popolnoma odvisna od konkretne implementacije IP telefonskega omrežja in storitev.

Glede na opisano je SIP s stališča integracije vsekakor boljše izbira ravno zaradi svoje enostavnosti in razširljivosti, lastnosti, ki jih H.323 nima. Vendar je treba upoštevati, da je zaenkrat H.323 kljub temu še vedno zelo razširjen in še vedno pogosteje naletimo na naprave, ki podpirajo le H.323, ne pa tudi protokola SIP, kot naprave ki podpirajo oba protokola ali celo samo SIP. Lahko pa rečemo, da SIP je protokol prihodnosti in bo v primerjavi s H.323 samo še vedno bolj pridobival na veljavi in pogostosti.

Tudi za H.323 obstaja precej programskih vmesnikov, od katerih sta najbolj razširjena OOH323 in JAIN. Slednji podpira tudi protokol SIP.

5.5 Primerjava SIP in H.323 s stališča integracije

5.5.1 Število podprtih funkcionalnosti

V primerjavi s klasično telefonijo tako SIP kot H.323 podpirata vse njene dodatne funkcionalnosti, kot prikazuje tabela [3]. Ker pa je SIP protokol za razliko od H.323 tako enostaven za uvedbo razširitev in s tem podpora novim funkcionalnostim, ima na tem področju prednost.

Funkcionalnost	SIP	H.323
Direktna prevezava	Da	Da
Prevezava z najavo	Da	Da
Klic na čakanju	Da	Da
Konferenčni klic	Da	Da
Preusmeritve	Da	Da
Parkiraj klic	Da	Da

5.5.2 Kompleksnost

H.323 je mnogo bolj kompleksen protokol kot SIP, njegova specifikacija dosega 800 strani, medtem ko specifikacija protokola SIP dosega 130 strani [3]. Znotraj glave H.323 sporočil je več sto različnih elementov, medtem ko za SIP sporočila obstaja 37 elementov. Visoka stopnja kompleksnosti H.323 izhaja tudi iz dejstva, da je sestavljen iz večjega števila manj obsežnih protokolov, kar ga naredi še bolj neprilagodljivega.

5.5.3 Skalabilnost

H.323 ima kar nekaj problemov s skalabilnostjo, saj v začetku ni bil zasnovan za velika omrežja. Posebej je to opazno pri uporabi znotraj večje skupine domen, saj brez dodatnih naprav, ki omogočajo usmerjanje klicev med domenami (imenujejo se gatekeeper oz. vratar), uporaba postane omejena. Protokol nima nobenega mehanizma za zaznavanje klicnih zank, poleg tega morajo naprave, ki usmerjajo klice na podlagi protokola H.323, stalno beležiti stanje posameznega klica, kar dodatno obremeni sistem. V primeru protokola SIP kaj takega ni treba, saj že sama sporočila nosijo dovolj informacij za ugotovitev stanja klica. Zaključek je, da je rešitev s protokolom SIP bolj skalabilna.

5.5.4 Razširljivost

SIP je razširljiv na podoben način kot protokol HTTP, saj se lahko zgradijo nova sporočila z dodajanjem atributov ali z uporabo protokola PEP (Protocol Extension Protocol). Tudi H.323 nudi mehanizme za razširitev z že definiranimi polji, imenovanimi nonstandardParam. Problem je, ker so ta polja zelo omejena s prostorom in H.323 nima mehanizma kako naj dve končni napravi preverita, ali je storitev, ki jo zahtevata, sploh podprta. Protokol SIP to funkcionalnost pokriva s poljem Requires, ki zahteva določeno funkcionalnost

in zahteva izmenjavo podprtih funkcionalnosti pred začetkom klica. Če te niso zagotovljene na obeh straneh, je zahteva zavrnjena.

5.5.5 Varnost

Prav zaradi svoje enostavnosti in razširljivosti uporaba protokola SIP odpira nekaj vprašanj povezanih z varnostjo. Collier [2] omenja štiri lastnosti protokola SIP, zaradi katerih je lahko izpostavljen napadom:

- zrelost: protokol je relativno mlad, enako velja za njegove implementacije
- kompleksnost: čeprav je protokol SIP v osnovi zaradi svoje sorodnosti s protokolom HTTP enostaven za razumevanje, pa je zaradi različnih razširitev že postal precej kompleksen protokol
- razširljivost: zaradi svoje razširljivosti je protokol SIP močno ranljiv s stališča varnosti, saj se z novimi razširitvami pojavljajo tudi nove varnostne luknje
- kodiranje: SIP protokol ne uporablja kodiranja, saj temelji na izmenjavi tekstovnih sporočil, ki jih ni potrebno dekodirati.

Zaradi teh lastnosti je SIP izredno občutljiv na vse vrste napadov, ki so omenjeni v poglavju o varnosti. Pravzaprav edini varnostni mehanizem, ki ga SIP ponuja, je možnost avtentikacije uporabnika s telefonsko centralo z uporabo zahteve REGISTER. Le uspešna avtentikacija omogoča uporabniku opravljanje telefonskih klicev, vendar vpeljava takega načina avtentikacije slabo vpliva na skalabilnost SIP protokola, saj morajo biti vsi podatki za avtentikacijo uporabnikov vnešeni na strežniku, avtentikacija pa poteka s pomočjo HTTP Digest sporočil. Brez zunanjih varnostnih mehanizmov, kot sta TLS in IPSec je SIP zelo ranljiv protokol. Edina prednost, ki jo ima protokol SIP na tem področju, je detekcija klicnih zank, s tem pa lahko prepreči napad tipa zavrnitev storitev. Tak napad sistem obremeni s klici na neveljavne številke in če se sistem VoIP takih števil ne zaveda, lahko pride do klicne zanke. Tak klic začne porabljati vse več virov sistema, dokler teh ne zmanjka. Protokol SIP vsebuje mehanizem za preprečevanje takih napadov, medtem ko ga H.323 ne, zato pa ima slednji z vidika varnosti precej drugih prednosti.

Vsebina sporočil znotraj H.323 je kodirana v formatu ASN.1 PER (Packed Encoding Rules), zaradi česar napadalec težko razbere njihovo vsebino. Tudi vsebina dekodiranih sporočil je v primerjavi s protokolom SIP precej bolj kompleksna. H.323 že sam po sebi podpira precej pester nabor varnostnih funkcij,

ki jih priporoča ITU-T s standardom H.235 za avtentikacijo in enkripcijo, na primer izmenjavo ključev Diffie-Hellmann. Prav zmožnost izmenjave ključev pred samo vzpostavitvijo klica je bistvena prednost pred protokolom SIP.

Lahko rečemo, da sta z uporabo zunanjih varnostnih mehanizmov oba protokola enako varna, vendar pa je H.323 v prednosti pred protokolom SIP, ki je zelo ranljiv, medtem ko H.323 že sam po sebi zagotavlja varnostne mehanizme za obrambo pred vsemi vrstami napadov, vendar zaradi tega še slabše vpliva na že tako nizko stopnjo skalabilnosti.

S stališča integracije je protokol SIP vsekakor primernejša izbira, vendar se moramo zavedati predvsem varnostnih pomanjkljivosti in zaenkrat še zelo visoke stopnje razširjenosti protokola H.322. V določenih okoljih smo tako primorani izbrati slednjega.

Opisana protokola predstavljata najnižji nivo integracije in sta osnova za vse nadaljnje pristope, saj se eden od njiju v vseh v nadaljevanju omenjenih primerih integracije še vedno uporablja za komunikacijo znotraj sistema VoIP. V nadaljevanju bomo govorili o rešitvah, ki nivo teh protokolov skrijejo razvijalcu.

5.6 VoiceXML in CCXML

VoiceXML je standardizirana oblika zapisa v formatu XML, namenjena govornemu dialogu med računalnikom in človekom. Namen VoiceXML je razvoj IVR aplikacij, ki so prenosljive med različnimi platformami, vendar ne zajema kontrole klicev kot ostali pristopi. Deluje podobno kot za brskanje po spletu deluje HTML v navezi s protokolom HTTP. Končni uporabnik potrebuje glasovni brskalnik, podobno kot za pregled HTML strani potrebuje spletni brskalnik. Glasovni brskalnik se navadno nahaja na strežniku VRU, preko katerega teče tudi uporabnikov klic, tako da se prisotnosti glasovnega brskalnika uporabnik niti ne zaveda. Primer VoiceXML dokumenta, ki klicatelja sprašuje, katero pijačo želi in nato preda sporočilo skripti na zunanjem strežniku:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<vxml xmlns="http://www.w2.org/2001/vxml"
  xmlns:xsi="http://www.w2.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.w2.org/2001/vxml
  http://www.w2.org/TR/voicexml20/vxml.xsd"
  version="1.0">
<form>
```

```
<field name="drink">
  <prompt>Would you like coffee, tea, milk, or nothing?</prompt>
  <grammar src="drink.grxml" type="application/srgs+xml"/>
</field>
<block>
  <submit next="http://www.drink.example.com/drink1.asp"/>
</block>
</form>
</vxml>
```

Za kontrolo klicev je bil razvit komplementaren standard Call Control XML. Z njegovo pomočjo lahko glasovni brskalnik aktivno upravlja s telefonskim sistemom ter predvsem proži, sprejema in preusmerja klice, še vedno pa je omejen na IVR aplikacije. Za transport uporablja protokol HTTP z možnostjo uporabe HTTPS za izboljšanje varnosti in teče na spletnem strežniku, navadno kar na VRU strežniku. Zaradi tega je njegova uporaba precej omejena, vendar je rešitev enostavna, razširljiva in skalabilna, razen SSL pa nima drugih vgrajenih varnostnih mehanizmov, pač pa je zaradi svoje zasnove in omejenosti na ločen strežnik močno odvisna od zunanjih varnostnih mehanizmov.

VoiceXML in CCXML sta omenjena predvsem zaradi svoje enostavnosti, razširjenosti in močne standardiziranosti, saj jo podpira večina proizvajalcev, kot je omenjeno v raziskavi podjetja Gartner [9]. Poleg tega je tehnologija XML že zelo dobro poznana in je razvijalcem zelo blizu, vendar se bistveno močnejši mehanizmi integracije nahajajo pod skupnim imenom tehnologije CTI.

5.7 Tehnologije CTI

Za povezovanje računalniških aplikacij s sistemom IP telefonije se je uveljavil angleški izraz Computer Telephony Integration ali krajše CTI, ki označuje povezovanje računalnika s telefonskim sistemom na sedmem, aplikacijskem nivoju OSI modela. Izraz ne vključuje prej omenjenih protokolov petega nivoja OSI modela SIP in H.323, vendar se omenjena integracija lahko izvede tudi z njuno pomočjo, čeprav sta primarno namenjena povezovanju naprav sistema VoIP med seboj, saj v sistemu zagotavljata telefonsko signalizacijo za vzpostavitev, spremembo in prekinitev klicev.

CTI je abstrakcija telefonskega sistema, narejena, da bi ga bilo lažje opazovati in tudi lažje in bolj učinkovito z njim komunicirati. Poleg tega naj bi zagotovila neodvisnost od strojne platforme, kar pomeni, da bi preko enakega vmesnika lahko komunicirali z IP telefonskimi centralami različnih proizvajalcev enako.

Čeprav se stanje izboljšuje, to še vedno drži le delno, saj zaradi določenih specifičnih lastnosti, ki jih v svoje IP telefonske centrale vgradijo nekateri proizvajalci, CTI abstrakcija še vedno ni popolnoma neodvisna od strojne platforme. Omenili smo opazovanje telefonskega sistema, kar se mogoče na prvi pogled zdi nekoliko neprimerno, vendar je ravno opazovanje telefonskega sistema ena glavnih nalog CTI.

Telefonski sistem nekega srednje velikega ali velikega podjetja je izredno kompleksen in dinamičen. V njem se neprenehoma dogajajo hitre, nepredvidljive spremembe in opazovanje teh sprememb je ključnega pomena za CTI, če hoče izpolniti tudi svojo drugo nalogo, to je aktivno upravljanje s telefonskim sistemom. S tem mislimo na aktiven poseg v njegovo delovanje in ne zgolj administracijo. Če poenostavim, CTI mora biti sposoben vsega, česar je sposoben končni uporabnik, ki uporablja telefon: sprejeti klic, vzpostaviti nov klic, klic preusmeriti in tudi komunicirati s klicanim. Razlika je v tem, da mora CTI biti sposoben opravljati navedeno za katerokoli končno napravo znotraj sistema VoIP istočasno in seveda v realnem času. Poudariti velja tudi, da prav CTI znotraj telefonskega sistema razširi nabor končnih naprav, saj to sedaj ni več telefon, temveč katerakoli naprava, ki komunicira s telefonsko centralo z namenom opravljanja telefonskih ali video klicev.

5.7.1 Meje sistema

Jasno postavljene meje sistema IP telefonije, ki ločuje sistem VoIP od aplikacij, ki se z njim integrirajo, je najpomembnejša novost, če primerjamo CTI s prej opisanima pristopoma s protokoloma SIP in H.323, kjer zaradi funkcionalnosti IP telefonije, vgrajene v vsako od končnih naprav in aplikacij, ni bilo nobene posebne ločnice med samim sistemom VoIP in sistemom, ki se z njim integrira. Verjetno bi bil za primer uporabe vpeljave novih storitev s pomočjo SIP ali H.323 namesto integracija bolj primeren izraz razširitev sistema.

V primeru dela s CTI pa je meja, ki ločuje stran ki se integrira s sistemom VoIP od sistema samega, točno definirana. Na eni strani imamo tako vse programske in strojne vire telefonskega sistema, kot so telefoni, telefonska centrala in govorni prehodi, na drugi pa računalniške sisteme, ki niso del IP telefonije. Stičišče obeh predstavlja CTI vmesnik, sredstvo komunikacijo pa je TCP/IP protokol. Glavna pridobitev uvedbe take mejne točke pa je abstrakcija telefonskega sistema ali natančneje skrivanje lastnosti in podrobnosti telefonskega sistema pred ostalimi sistemi, ki želijo uporabljati vire, ki jih telefonski sistem ponuja na čim bolj enostaven in učinkovit način. CTI standard predstavlja pristop nadzora kontrole klica s strani tretje osebe in ne izključuje uporabe

SIP ali H.323 v samem telefonskem sistemu.

5.7.2 Vmesnik CTI

Naloga CTI vmesnika je ustvarjanje, pošiljanje, sprejemanje in interpretiranje sporočil povezanih z dogodki v telefonskem sistemu. Zaporedje izmenjave sporočil in njihovo vsebino definira CTI protokol, izdelavo vmesnika pa pokriva standard CSTA. Abstrakcija telefonskega sistema na tem nivoju kljub njegovi kompleksnosti sestoji iz majhnega števila elementov:

- telefon
- povezava
- klic
- naslov
- stanje.

Na podlagi te abstrakcije je oblikovan CTI protokol, konkretno vsebina njegovih sporočil. Ta lahko z zelo majhno množico sporočil pokrije zelo kompleksen telefonski sistem z vsemi njegovimi stanji, funkcionalnostmi in dinamiko.

5.7.3 Standardi TAPI, TSAPI in JTAPI

Ključni del uporabe CTI tehnologij za izdelavo novih aplikacij in storitev je CTI vmesnik, ta pa predstavlja vstopno točko za opazovanje in komunikacijo z IP telefonsko centralo in posledično tudi s telefonskim sistemom. Na tem področju obstajata dva standarda: TSAPI (Telephony Services Application Programming Interface), razvit s strani podjetij Novell ter AT&T, in TAPI (Telephony Application Programming Interface), razvit s strani podjetij Intel ter Microsoft.

Namen obeh je zagotoviti programski vmesnik za razvoj aplikacij, ki komunicirajo s telefonskim sistemom, razlika med njima pa je, da TSAPI zagotavlja razvoj neodvisno od platforme, na kateri teče aplikacija, TAPI pa zagotavlja razvoj le za okolje Microsoft Windows. Standarda sta komplementarna; vmesnik TAPI je tisti, ki ga za integracijo s telefonskim sistemom priskrbi proizvajalec operacijskega sistema, medtem ko za TSAPI vmesnik poskrbi proizvajalec IP telefonske centrale. Oba standarda zagotavljata dostop in uporabo standardnih CTI protokolov vendar v zelo različnem obsegu. Glavni fokus

TSAPI standarda je kontrola klicev, ki jo pokriva zelo natančno, vendar pa mu manjkajo dodatne funkcionalnosti, pomembne za končnega uporabnika, ki jih ponuja TAPI. Slednji se osredotoča ravno na razvoj uporabniških aplikacij in močno poenostavi kontrolo klicev, kar v določenih bolj kompleksnih okoljih onemogoča njegovo uporabo. Primarno je bil razvit za nadzor klicev s strani prve osebe, vendar se lahko uporablja tudi za nadzor klicev s strani tretje osebe. Za slednje je bolj primeren vmesnik TSAPI. Nekoliko kasneje se je pojavil vmesnik JTAPI, ki zagotavlja izdelavo aplikacij in komunikacijo z vmesnikom TSAPI na strani ponudnika (telefonske centrale). JTAPI je torej nekakšen TSAPI za odjemalce in deluje v okolju Java.

Primerjava integracije po standardih TAPI in TSAPI

Brez poznavanja konkretnih implementacij obeh standardov razen neodvisnosti od platforme mogoče druge razlike med obema standardoma niso najbolj očitne. Zato na tem mestu navajam primerjavo v smislu njune primernosti za integracijo.

- Prenosljivost: na tem področju ima TSAPI prednost zaradi neodvisnosti od platforme, vendar sta z uvedbo JTAPI standarda postala precej izenačena na tem področju.
- Nabor uporabniških funkcionalnosti: tu prednjači TAPI, saj s svojim uporabniško usmerjenim pristopom omogoča enostavno implementacijo večjega števila storitev v primerjavi s TSAPI.
- Enostavnost: TAPI učinkoviteje skriva podrobnosti sistema VoIP pred razvijalcem, zaradi tega je v primerjavi s TSAPI bolj enostaven.
- Natančnost: TAPI na tem področju ne more konkurirati s TSAPI standardom, ki s svojo osredotočenostjo na kontrolo klicev omogoča bistveno boljši razvoj aplikacij za kompleksno kontrolo klicev.
- Sledljivost: podobno kot pri prejšnji točki, ima TSAPI tudi na tem področju odločno prednost pred TAPI. Slednji deluje kot opazovalec končne naprave, kar je z uporabniškega stališča popolnoma dovolj, za kompleksne aplikacije pa je primernejši TSAPI, saj omogoča opazovanje in spremljanje klicev preko celotnega sistema VoIP.

Sklenemo lahko, da bomo v primeru izdelave uporabniških aplikacij večinoma uporabljali vmesnik TAPI oz. JTAPI, če nas ne moti delovanje v okolju Java.

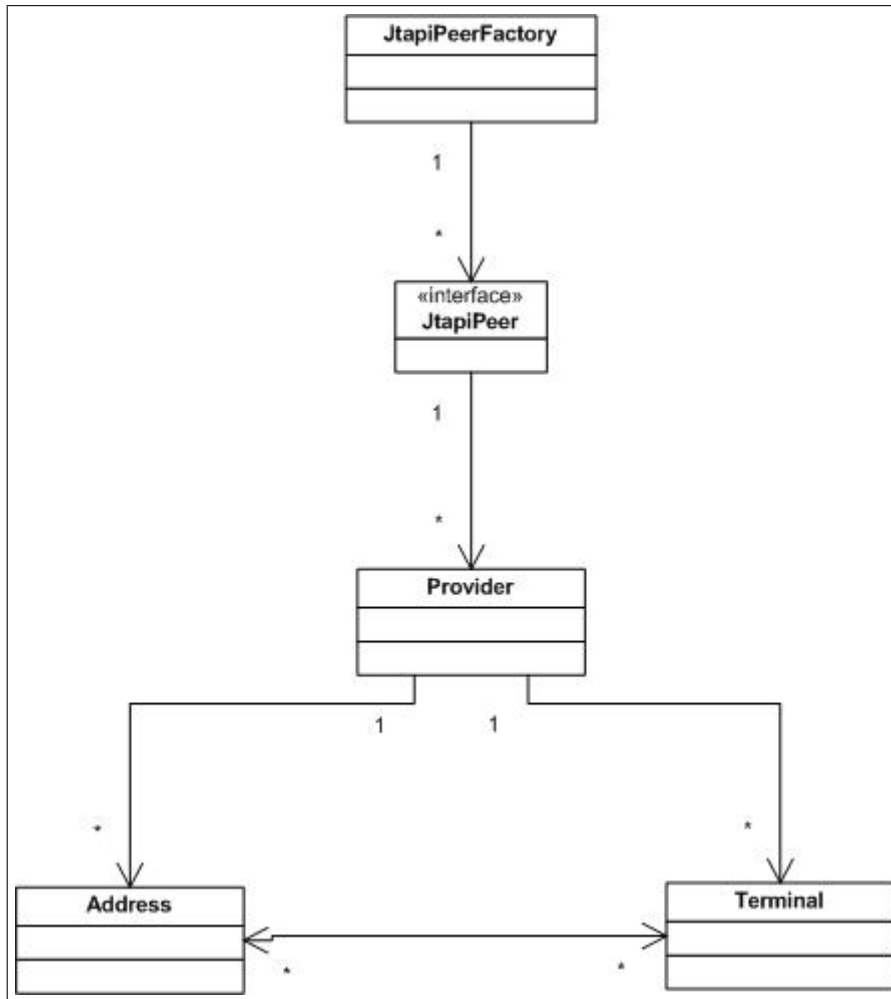
Vmesnik TSAPI bomo uporabili le v bolj kompleksnih okoljih, ko moramo naprimer v svoji aplikaciji zagotoviti funkcionalnosti IP telefonske centrale. Za ponazoritev opisanih vmesnikov sledi nekaj primerov njihove realizacije.

Cisco JTAPI

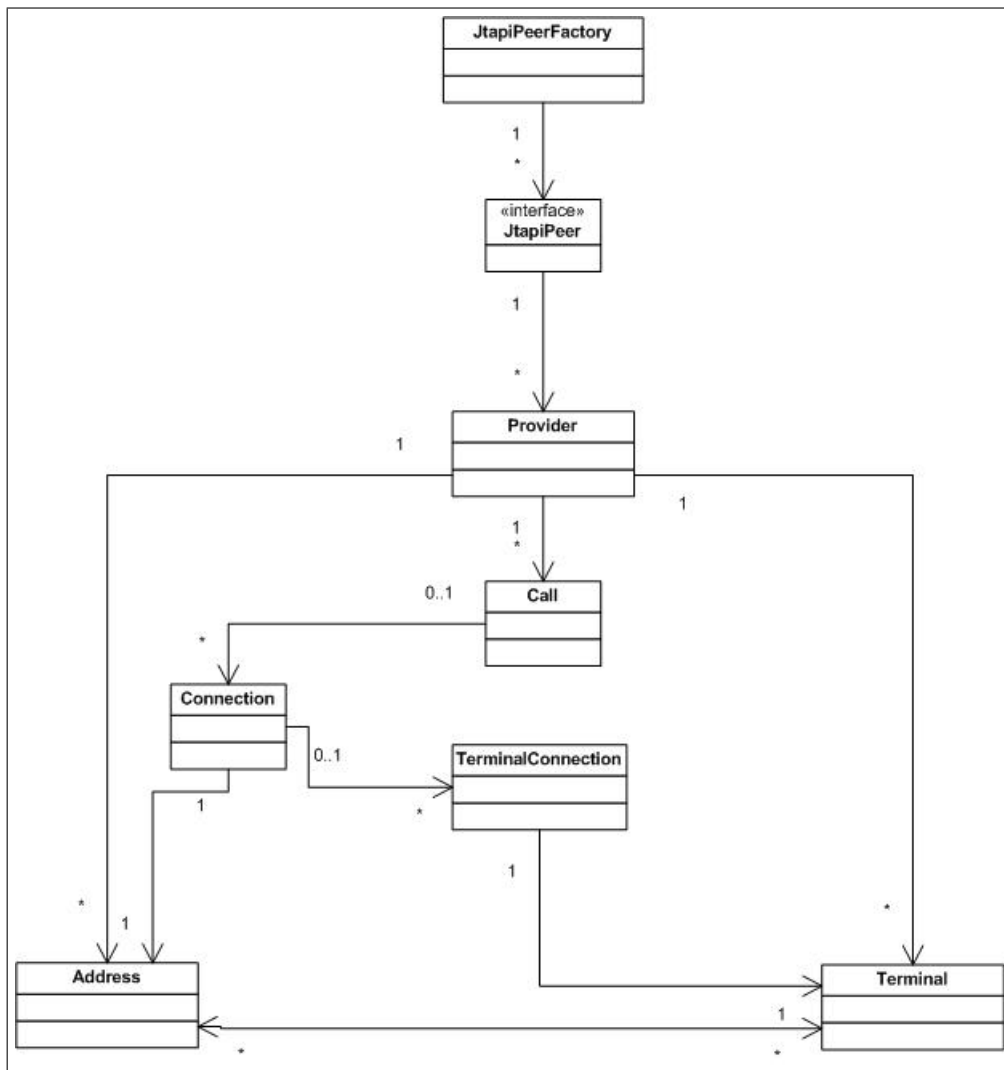
Konkreten primer integracije z IP telefonsko centralo Cisco Unified Communications Manager kot tudi primer implementacije vmesnika po TAPI standardu je Cisco JTAPI. Gre za knjižnico namenjeno programskemu jeziku Java in kljub temu, da sledi TAPI standardu vpelje tudi precej funkcionalnosti ki so specifične za okolje Cisco IP telefonije. Cisco JTAPI model abstrakcije IP telefonije na najvišjem nivoju sestavljajo naslednji gradniki, prikazani tudi na sliki 5.3:

- ponudnik (Provider): je vmesnik skozi katerega JTAPI komunicira s sistemom VoIP
- klic (Call): množica entitet ki definirajo povezavo med dvema telefonskima napravama , klic
- naslov (Address): logična končna točka klica, telefonska številka
- povezava (Connection): začasna relacija med naslovom in klicem, ki se vzpostavi v času klica
- terminal: fizična končna naprava
- povezava terminala (ConnectionTerminal): logična povezava med terminalom in povezavo.

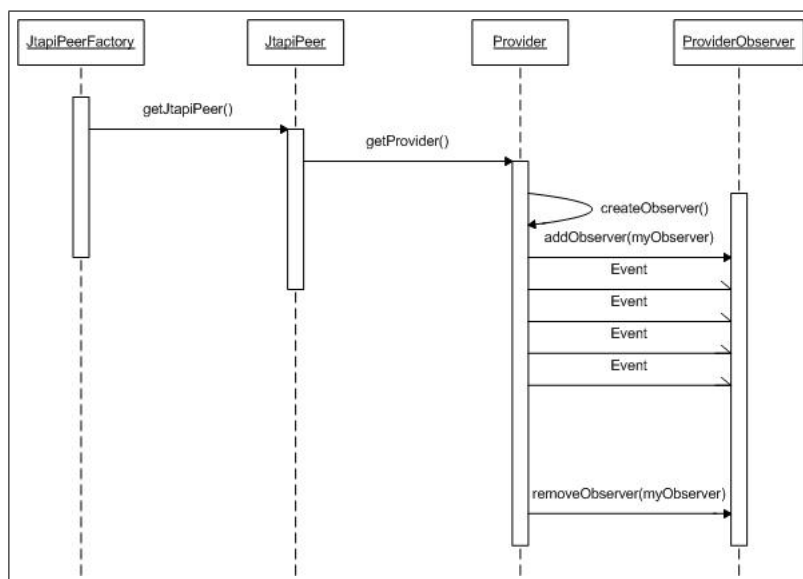
Za dejansko uporabo vmesnika JTAPI je najpomembnejši opazovalec dogajanja, to je objekt tipa Observer. Prav ta v navezi z objektom tipa Provider znotraj JTAPI predstavlja bistvo CTI, saj predstavlja del ki opazuje kaj se dogaja v telefonskem sistemu, Provider pa predstavlja vmesnik preko katerega Observer vidi telefonski sistem, tako kot je bilo že opisano v poglavju o CTI tehnologijah. Opazovalcev je seveda v sistemu lahko več, opazujejo pa lahko eno ali več entitet telefonskega sistema. Entitete, ki jih lahko opazujejo so: Provider, Call, Address in Terminal. Opazovanje teh entitet pomeni, da Observer zahteva od IP telefonske centrale, da mu preko CTI vmesnika pošilja sporočila o vseh spremembah in dogodkih ki so povezani z njimi. Tak razširjen model je prikazan na sliki 5.3, na sliki 5.5 pa je diagram zaporedja, ki prikazuje tipično delovanje opazovalca. Klic metode `getProvider()` pomeni tudi avten-



Slika 5.3: Osnovna abstrakcija telefonskega sistema kot ga uporablja JTAPI.



Slika 5.4: Klicni model, kot ga uporablja JTAPI.



Slika 5.5: Primer delovanja opazovalca.

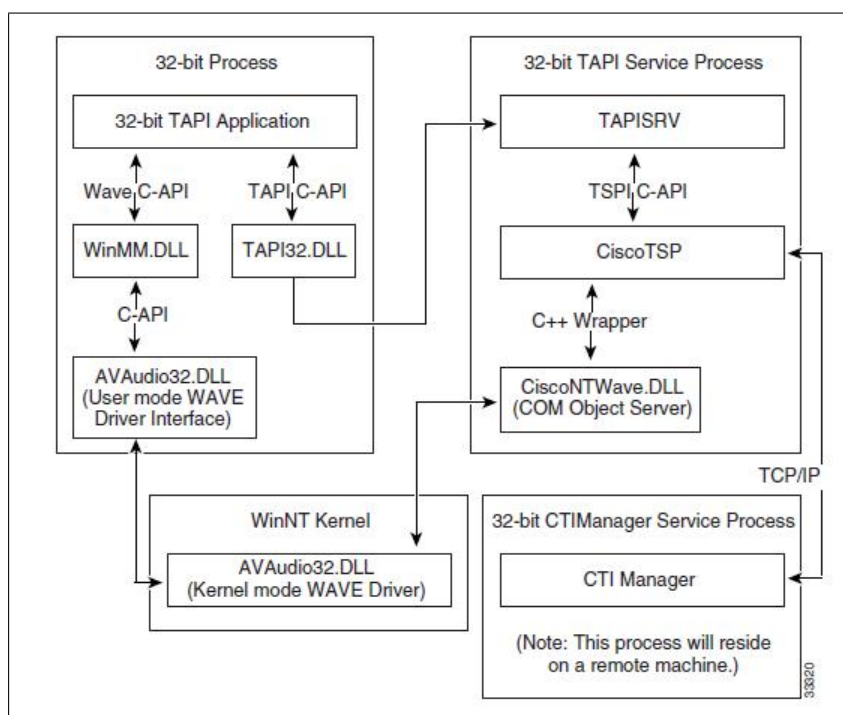
tikacijo z IP telefonsko centralo. Na podlagi te je določeno, do katerih delov sistema VoIP bo opazovalec (Observer) sploh lahko dostopal, kar daje administratorju mehanizem večnivojske kontrole dostopa na nivoju integracije.

Ena izmed ključnih prednosti omenjenega pristopa je, da lahko opazujemo le tisti del telefonskega ki ga potrebujemo ali do katerega sploh imamo dostop, s čimer je poskrbljeno tako za varnost kot tudi za ohranjanje virov sistema in omogoča izogibanje nepotrebni procesiranju in obremenjevanju IP telefonske centrale. Tako je tudi različnih pogledov na sistem toliko, kolikor jih potrebujemo in se nam nikoli ni treba ukvarjati z ničemer kar nas ne zanima.

Cisco Unified TAPI Service Provider

Cisco TSP sledi TAPI standardu, poleg tega pa zagotavlja še nekaj dodatnih funkcionalnosti, specifičnih za Cisco Unified Communications Manager IP telefonsko centralo. Kot narekuje TAPI standard, je vmesnik namenjen Microsoft Windows okolju. Slika 5.6 prikazuje arhitekturo Cisco TSP vmesnika.

Za uporabo tega vmesnika je potrebna namestitev vseh potrebnih knjižnic, do katerih dostopamo preko v operacijski sistem vgrajene TAPI knjižnice TAPI3Lib. Za razliko od Cisco JTAPI vmesnika, kjer vse, vključno z avtentikacijo in prijavo na IP telefonsko centralo, poteka programsko in imamo teoretično lahko znotraj aplikacije več povezav na različne IP telefonske cen-



Slika 5.6: TAPI arhitektura na operacijskem sistemu Microsoft Windows.

trale, gre v primeru Cisco TSP vmesnika za eno povezavo, ki se nastavi na nivoju skupaj s knjižnicami nameščenega programa. V tem smislu je Cisco TSP precej manj fleksibilen, po drugi strani pa je veliko bližje platformi na kateri teče, saj deluje na principu gonilnika in ga je enostavno integrirati v namizne aplikacije, medtem ko je v primeru JTAPI s tem nekoliko več dela, saj ta deluje v okolju Java. Sam klicni model je v primerjavi s Cisco JTAPI bistveno manj bogat, saj pokriva le telefonsko številko (Line) in končno telefonsko napravo (Phone). Klient kot tak, čemur bi v Cisco JTAPI vmesniku najbolj ustrezal objekt tipa Observer, je v primeru Cisco TSP že implementiran v sami knjižnici in ga ni mogoče prilagajati.

Cisco TSP ima prav tako kot Cisco JTAPI večnivojski sistem pravic in tudi varnostni mehanizmi so popolnoma primerljivi s Cisco JTAPI, torej vmesnik sprejema sporočila o dogodkih le za tiste naprave, za katere ima prijavljeni uporabnik dodeljene pravice. Arhitekturo TAPI vmesnika lahko vidimo na sliki 5.5.

5.7.4 Protokol CTIQBE kot primer tehnologije CTI

Oba prej navedena programska vmesnika z IP telefonsko centralo komunicirata s pomočjo protokola CTIQBE (Computer Telephony Interface Quick Buffer Encoding). Protokol je oblikovan v skladu z modelom CSTA in je namenjen komunikaciji odjemalca in strežnika, ki ju predstavljata objekta Provider (strežnik) in Observer (odjemalec). Za prenos sporočil med odjemalcem in strežnikom uporablja TCP/IP in ima dva načina delovanja, imenovana simplex in duplex. V simplex načinu odjemalci lahko komunicirajo le z enim strežnikom, v duplex načinu pa imajo klienti dve povezavi do strežnika, eno do primarnega in drugo povezavo do redundantnega strežnika. Odjemalci vsakih 5 sekund pošljejo sporočila namenjena preverjanju aktivnosti povezave do strežnika.

Protokol mora zagotoviti popolno preslikavo realnih dogodkov v telefonskem sistemu v logične dogodke, ki jih predstavljajo sporočila med odjemalcem in strežnikom [1]. Tako odjemalec kot strežnik morata zagotoviti čim manjšo zakasnitev med dejanskim dogodkom ter tvorbo in pošiljanjem sporočila o dogodku kot tudi zagotavljanje pravilnega vrstnega reda dogodkov, saj sporočila o dogodkih ne pridejo vedno v takem vrstnem redu, kot so se dogodki dejansko zgodili. CTIQBE protokol sestavljajo naslednji tipi sporočil:

- sporočila za upravljanje seje: skrbijo za vzpostavitev in rušenje povezave med odjemalcem in strežnikom kot tudi za srčni utrip med obema
- sporočila o dogodkih povezanih s klici: skrbijo za obvestila o vzpostavitvi in rušenju samih telefonskih klicev, njihovo preusmeritev in vzpostavitev. Odjemalec je tisti ki je v tem primeru pasiven, saj le posluša sporočila s strani strežnika, ki ga obvešča o dogodkih v sistemu
- sporočila o kontroli klicev: podobno kot prejšnja skupina, le da je v tem primeru odjemalec tisti ki ima aktivno vlogo in pošilja zahteve za vzpostavitev in kontrolo klicev.

Omenili smo, da je telefonski sistem izredno kompleksen, zaradi česar je v njem ogromno število dogodkov, posledično pa pri uvedbi integracije s pomočjo CTI protokola pride do ogromnega števila dodatnih sporočil v omrežju. Zaradi tega je zelo pomembno, da se njihovo število omeji, saj odjemalci običajno ne potrebujejo vseh sporočil. Treba se je zavedati da je pošiljanje vseh teh sporočil lahko tudi izredno velika obremenitev za IP telefonsko centralo, če pri njihovi uporabi nismo pazljivi. Prav za reševanje tega problema CTIQBE na strani strežnika omogoča maskiranje dogodkov, kar posledično pomeni da odjemalcem pošilja le tista sporočila, ki jih je razvijalec omogočil.

5.7.5 Protokol UCCXCTI kot primer tehnologije CTI

UCCXCTI protokol je v bistvu le razširitev CTIQBE protokola z nekaj dodatnimi tipi sporočil, ki so namenjena za uporabo v okolju Ciscovega kontaktnega centra (Cisco UCCX). V vsem ostalem deluje popolnoma enako kot CTIQBE. Nova sporočila so:

- sporočila namenjena konfiguraciji: ker UCCX nima programskega vmesnika za administracijo, je bil ta implementiran kar znotraj CTI. Temu so namenjena omenjena sporočila
- sporočila namenjena spreminjanju stanj operaterjev: UCCX omogoča beleženje različnih stanj operaterjev v kontaktnem centru predvsem za namene vodenja statistike. Sporočila so namenjena spreminjanju in obveščanju o spremembah stanj operaterjev.

5.7.6 Integracija za namene administracije sistema VoIP

Do sedaj smo govorili le o integraciji ki je namenjena kontroli klicev, vendar kot smo omenili že v prejšnjem poglavju obstajajo znotraj Cisco Unified Communications okolja IP telefonije tudi vmesniki ki so namenjeni administraciji sistema VoIP. Konkretno več o tem govorita diplomski deli Preusmeritev klicev v IP-telefoniji s pomočjo SOAP HTTP tehnologije, ki govori o SOAP vmesniku, namenjenemu administraciji IP centrale, ter Integracija Ciscovega kontaktnega centra z Microsoftovim sistemom za upravljanje odnosov s strankami, ki sicer omenja, da programski vmesnik, namenjen administraciji kontaktnega centra na Cisco UCCX platformi, ne obstaja. Slednje sicer delno drži, saj sistem sicer nima namenskega administrativnega programskega vmesnika, vendar UCCX-CTI protokol pokriva tudi osnovne funkcionalnosti administracije, res pa, da ne v zelenem obsegu. Funkcionalnosti, ki jih UCCXCTI protokol pokriva, so:

- upravljanje s čakalnimi vrstami,
- upravljanje z vstopnimi točkami,
- upravljanje z uporabniki (operaterji),
- upravljanje s skupinami uporabnikov,
- upravljanje z napravami, konkretno z vmesniki tipa CTI Route Point in CTI.

Več o ostalih vmesnikih, namenjenih administraciji, je mogoče prebrati v prej omenjenih diplomskih delih.

5.7.7 Uporaba spletnih storitev

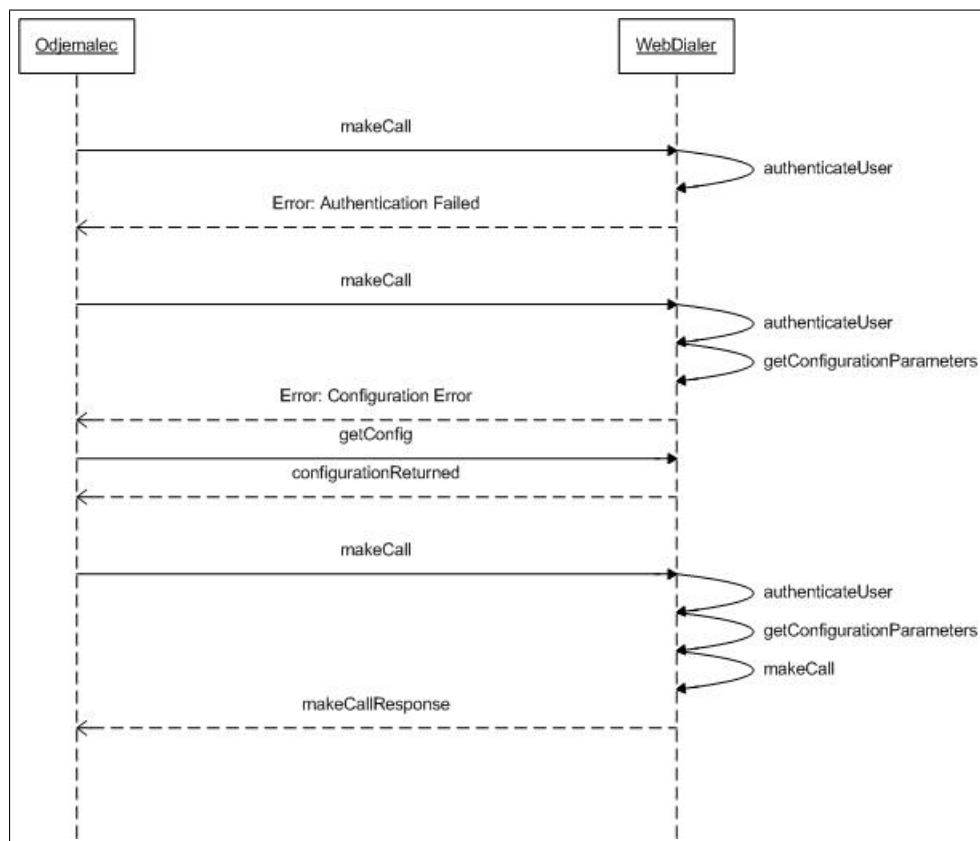
Cisco Unified Communications Manager IP telefonska centrala za samo izvajanje klicev ponuja tudi že izdelan spletni vmesnik Cisco WebDialer. Gre za spletno storitev, ki je dostopna na dva načina:

- SOAP preko HTTPS
- HTML preko HTTPS

Oba vmesnika čakata na zahteve s strani odjemalcev. Ko prejmeta zahtevo za klic ali prekinitve klica, zahtevo tudi izvedeta. Slaba stran rešitve je, da razen proženja in prekinitve klicne zahteve ne podpira ničesar drugega. Zahteve so asinhrono in o samem stanju klica ni nobene povratne informacije, kot tudi ni mogoče spremljanje klica, zaradi česar ima njuna uporabnost za izdelavo aplikacij precej omejen obseg, saj moramo v večini primerov spremljati ravno stanje telefonskega klica. Slika 5.6 prikazuje primer vzpostavitve klica s pomočjo spletne storitve WebDialer. Slika 5.7 predstavlja tipično komunikacijo med odjemalcem in strežnikom, za primer klica metode `makeCall`, ki proži zahtevo za klic. Povsem enak diagram bi lahko narisali za metodo `endCall`, ki vzpostavljeni klic prekine. Iz slike je razvidno, da za uspešen klic potrebujemo še dve stvari:

- uspešno avtentikacijo ki jo predstavlja metoda `authenticateUser`,
- ustrezne parametre (kdo kliče, kam kliče in ali ima dovoljenje za tak klic), kar predstavlja metoda `getConfigurationParameters`.

Prednosti tega vmesnika sta enostavna in hitra implementacija ter najvišja možna abstrakcija telefonskega sistema, saj zahteva le podatek, kateri telefon kliče kam. Ta rešitev ima sicer tudi nekaj slabosti, ki se pokažejo predvsem v kompleksnejših implementacijah, kjer obstaja potreba po spremljanju stanja klica in sledenju klica. Tudi v teh primerih se jo lahko uporablja, vendar navadno v navezi s še kako drugo vrsto integracije, ki ponuja povratne informacije o klicu. Druga slabost je vezana na lastnosti protokola HTTP, ki je z vidika telefonije precej počasen in ob prvi zahtevi lahko traja tudi nekaj sekund, preden sistem sprejme in izvede zahtevo za klic, kar je lahko precej moteče. Z varnostnega vidika je poskrbljeno za večnivojski sistem pravic, podobno kot pri Cisco JTAPI in Cisco TAPI vmesnikih.



Slika 5.7: Primer vzpostavitve klica s pomočjo spletne storitve WebDialer.

Poglavje 6

Primerjava Cisco JTAPI, Cisco TAPI in spletne storitve Cisco WebDialer

6.1 Število podprtih funkcionalnosti in kompleksnost

Po številu podprtih funkcionalnosti je na prvem mestu vsekakor JTAPI. Ima najbolj popoln in s tem tudi najbolj kompleksen model telefonskega sistema in poleg funkcionalnosti telefona ponuja še celo paleto drugih možnosti, kot je na primer podpora za IPv6 ter sicer namerno zelo omejen nabor funkcionalnosti klicnega centra in glasovne pošte. TAPI vmesnik je na drugem mestu in podpira vse funkcionalnosti, ki jih omogoča telefonska naprava, manjkajo pa mu napredne funkcionalnosti, ki jih podpira JTAPI. Tudi model abstrakcije je bistveno enostavnejši, saj je omejen le na telefon in telefonsko številko. Spletna storitev WebDialer kot najbolj okrnjena izmed treh možnosti pa ponuja le proženje in prekinitvev klica in predstavlja najenostavnejšo abstrakcijo telefonskega sistema po principu kdo-kje-kam.

6.2 Odzivnost

Kar se tiče odzivnosti sta TAPI in JTAPI popolnoma enakovredna, saj oba uporabljata protokol CTIQBE za komunikacijo s telefonsko centralo. Odzivnost spletne storitve WebDialer je v primerjavi z njima nekoliko slabša, saj odjemalec za komunikacijo s telefonsko centralo uporablja protokol SOAP HTTP.

Pozitivna stran spletne storitve je enostavnost, vendar zaradi protokola SOAP lahko nekoliko trpi hitrost aplikacije. SOAP za prenos sporočila do strežnika namreč potrebuje bistveno večjo količino prenešenih podatkov.

6.3 Skalabilnost

Zaradi svoje kompleksnosti JTAPI aplikacije lahko močno obremenijo telefonsko centralo. Ob nepazljivosti pri pisanju aplikacije lahko razvijalec po nepotrebnem porabi razmeroma veliko količino razpoložljivih virov telefonske centrale, kar ima lahko posledice za celoten telefonski sistem. Nekoliko manj pazljivosti je potrebno pri uporabi TAPI vmesnika, saj je enostavnejši, zato pa je na področju skalabilnosti v veliki prednosti spletna storitev Cisco WebDialer, ki precej manj obremenjuje sistem. Tudi če bi ga preobremenili z zahtevami, bi prišlo do izpada samo omenjene storitve, kar ne bi imelo posledic na celotnem telefonskem sistemu.

6.4 Varnost

Za varno komuniciranje tako JTAPI kot tudi TAPI podpirata TLS (Transport Layer Security) z uporabo digitalnih potrdil tako na strani odjemalca kot tudi na strani strežnika. Tako strežnik lahko na podlagi odjemalčevega digitalnega potrdila avtenticira odjemalca, hkrati pa lahko odjemalec na podlagi strežnikovega digitalnega potrdila avtenticira strežnik. Digitalno potrdilo strežnika odjemalec pridobi ob prvi prijavi na strežnik brez dodatnih varnostnih ukrepov, zaradi česar je pomembno, da se prva prijava zgodi v varnem okolju. Odjemalec se nato preko protokola CAPF poveže s strežnikom in pridobi lokalno digitalno potrdilo LSC (Locally Significant Certificate), te pa strežnik nato preverja s pomočjo digitalnega potrdila izdajalca na svojem seznamu digitalnih potrdil CTL (Certificate Trust List). Z uporabo certifikatov in protokola SRTP odjemalec lahko kriptira tudi RTP in s tem poskrbi za varen prenos govora skozi omrežje.

Strežnik dovoljuje uporabo odjemalčevega digitalnega potrdila le za eno sejo. Če se pojavita dve seji, ki uporabljata isto digitalno potrdilo, strežnik takoj prekine obe seji. Odjemalec nato ponovno poskusi vzpostaviti sejo s strežnikom in če ta pri ponovnih poskusih detektira podvojeno uporabo digitalnega potrdila preneha zaupati digitalnemu potrdilu in z njim ni več mogoče vzpostaviti povezave s strežnikom. Dodaten varnostni mehanizem je avtentikacija z uporabniškim imenom in geslom. Na strežniku je za vsakega uporabnika nastavljen

seznam telefonskih naprav, s katerimi lahko uporabnik upravlja, in tudi, v kakšnem obsegu. Poskuse dostopa do naprav, ki niso na tem seznamu strežnik zavrne.

Varnostnih mehanizmov pri uporabi spletne storitve WebDialer je nekoliko manj. Dostop do nje je mogoč le preko protokolov HTTP in HTTPS, priporočljiva je uporaba slednjega, s čimer odjemalec lahko na podlagi strežnikovega digitalnega potrdila avtenticira strežnik. Slednji lahko avtenticira odjemalca le s pomočjo uporabniškega imena in gesla, ki ga ta posreduje ob prijavi. Na podlagi teh podatkov strežnik enako kot v primeru JTAPI in TAPI omeji dostop le do določenih naprav telefonskega sistema. Vsi trije vmesniki so zelo občutljivi na napade tipa zavrnitev storitev, kar v primeru TAPI in JTAPI lahko omejimo z uporabo digitalnih potrdil, v primeru vmesnika WebDialer pa na žalost ne moremo storiti ničesar.

V naslednjem poglavju bo predstavljena konkretna implementacija integracije s sistemom VoIP z uporabo vmesnika TAPI.

Poglavje 7

Implementacija integracije sistema CRM s sistemom VoIP

Pri današnjem številu aplikacij ki jih mora klasičen uporabnik v podjetju uporabljati, se širi trend povezovanja teh aplikacij med seboj, s tem pa želimo tudi zmanjšati število hkrati odprtih oken in namizje ter uporabnika razbremeniti. S tem lahko olajšamo in tudi pohitrimo delovni proces. Primer take integracije je povezava sistema CRM s sistemom IP telefonije v okolju, kjer je primaren kontakt s stranko komunikacija preko telefona. Tipičen delovni proces v takem okolju lahko opišemo z dvema scenarijema (odhodni in dohodni klic):

- uporabnik ima v sistemu CRM spisek strank, ki jih mora poklicati. Aplikacija za vsako izmed strank hrani in prikazuje podatke o prejšnjih kontaktih in splošne podatke o stranki
- uporabnik vtipka telefonsko številko stranke v telefon in pokliče stranko
- med in po telefonskem pogovoru uporabnik vnaša podatke o stranki
- to ponavlja za vse stranke s seznama.

V zgornjem procesu je ročna uporaba telefona najbolj zamudno delo, zato se proces lahko pohitri z uvedbo proženja telefonskega klica kar iz aplikacije CRM, naprimer s klikom na posamezno stranko. V primeru dohodnega klica proces zglada takole:

- uporabnikov telefon zazvoni

- uporabnik se javi in ne ve, kdo in zakaj ga kliče, zato je na pogovor nepripravljen
- od stranke pridobi podatke, ki so že vnešeni v sistemu CRM
- na podlagi teh podatkov poišče stranko v sistemu CRM
- opravi pogovor s stranko in vnese podatke v sistem CRM.

Zgornji proces bi bilo mogoče s povezavo telefonskega sistema in sistema CRM močno poenostaviti. Namesto nadležnega spraševanja strank o njihovih podatkih sistem na podlagi telefonske številke že sam prepozna stranko in uporabniku odpre ustrezno okno za vnos podatkov. Poleg tega je ta pripravljen na pogovor, še preden se javi na telefon, saj ima pred tem podatke o stranki že prikazane na ekranu.

7.1 Orodja in okolje za izdelavo rešitve

Funkcionalnosti telefonskega sistema zagotavlja IP telefonska centrala podjetja Cisco, Unified Communications Manager, ki je preko govornega prehoda tudi povezana v javno telefonsko omrežje. Gre za zelo razširjeno in tudi eno izmed najbolj dovršenih IP telefonskih central, ki upošteva vse navedene standarde. Pri tem velja omeniti, da si je pri upoštevanju CSTA modela podjetje Cisco vzelo precej svobode in velikega dela naprednih funkcionalnosti niso omogočili v uporabnikom dostopnih programskih vmesnikih. Najbolj očitna je odsotnost funkcionalnosti ki podpirajo glasovno pošto in kontaktni center.

Sistem CRM v rešitvi je Microsoft Dynamics CRM. Njegova prednost s stališča integracije je delovanje v okolju Microsoft Windows in enostavna izdelava vtičev v okolju Microsoft .NET. Poleg tega je močno razširjena rešitev in je zgrajen na način, ki omogoča enostavno razširljivost uporabniškega vmesnika z uporabo spletnih strani v okolju Microsoft .NET. Zaradi uporabe spletnih strani za implementacijo uporabniškega vmesnika se ta uporabniku občasno lahko zdi počasen in neodziven.

Kot orodje za izdelavo aplikacije v okolju .NET sem izbral Microsoft Visual Studio 2008, za komunikacijo s sistemom IP telefonije pa sem izbral vmesnik Cisco TSP, saj je od vseh opisanih najbolj primeren za implementacijo v okolju Microsoft Windows.

7.2 Izbira načina povezovanja

Sistem CRM v tem primeru predstavlja Microsoft Dynamics CRM. Zahteve za integracijo telefonskega sistema in sistema Microsoft Dynamics CRM so naslednje:

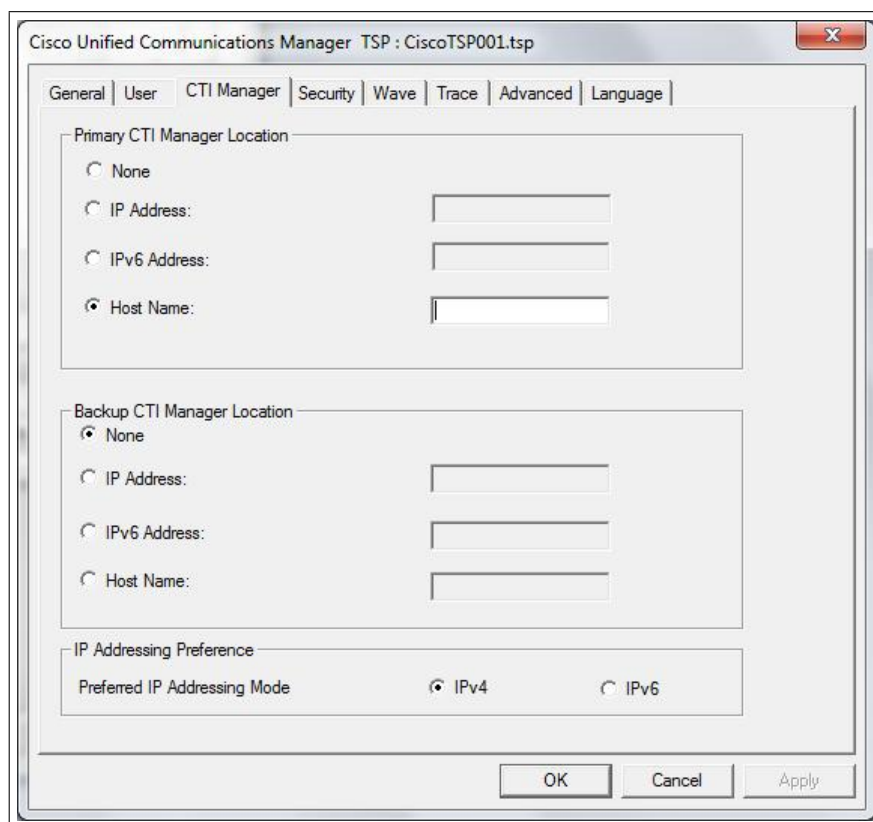
- podpora operacijskemu sistemu Microsoft Windows
- vključitev uporabniškega vmesnika v spletni vmesnik Microsoft Dynamics CRM
- vzpostavitev klica neposredno iz spletnega vmesnika ki prikazuje informacije o stranki
- sprejem klica iz spletnega vmesnika in avtomatski prikaz podatkov o stranki ob dohodnem klicu
- možnost zavrnitve in prekinitve klica
- možnost postavitve klica na čakanje
- možnost preusmeritve klica na drugo telefonsko številko.

Na podlagi zgornjih zahtev je najbolj primerna izbira za izvedbo integracije uporaba vmesnika operacijskega sistema TAPI3Lib skupaj z vmesnikom Cisco TSP. Prvi omogoča izdelavo aplikacije, drugi pa tej aplikaciji preko protokola CTI-QBE omogoča dostop do telefonske centrale.

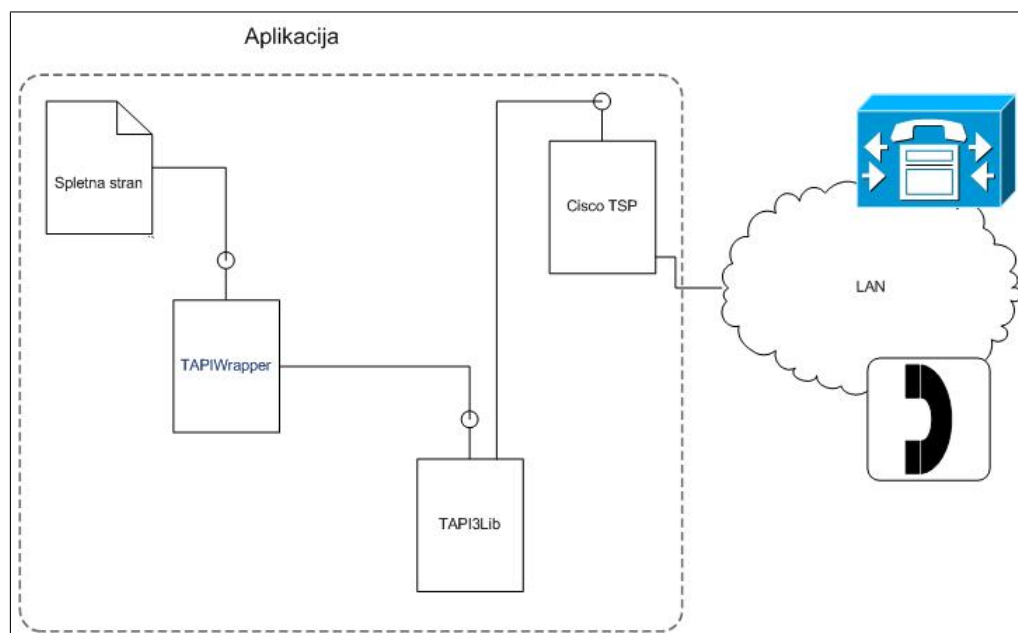
7.3 Komunikacija z IP centralo

Za komunikacijo z IP telefonsko centralo so potrebne tri stvari:

- IP povezljivost med aplikacijo in IP telefonsko centralo,
- uporabnik, s katerim se aplikacija prijavi na IP telefonsko centralo, mora imeti dovoljenje za uporabo telefonov, do katerih bo aplikacija dostopala,
- namestitev vmesnika, ki zna komunicirati z IP telefonsko centralo preko protokola CTI-QBE - torej Cisco TAPI Service Provider (TSP).

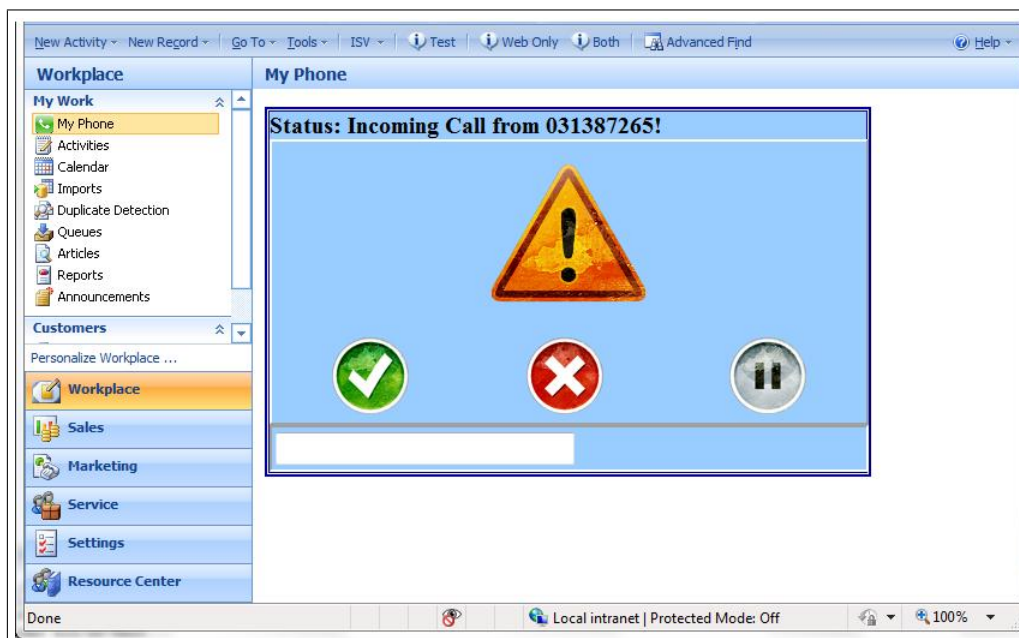


Slika 7.1: Nastavitve vmesnika Cisco TSP.



Slika 7.2: Arhitektura aplikacije.

Namestitev in konfiguracija Cisco TSP vmesnika sta enostavne, vse, kar potrebujemo, so uporabniški podatki (ime in geslo) ter IP naslov IP telefonske centrale. Nastavitve Cisco TSP vmesnika prikazuje slika 7.1. V primeru da razvijamo aplikacijo v okolju .NET pri uporabi knjižnice TAPI naletimo na problem, saj njena uporaba iz okolja .NET ni mogoča, niti je ni mogoče uporabiti znotraj spletne strani. Zaradi tega je bilo treba razviti ločeno knjižnico, ki namesto aplikacije spletne strani komunicira s knjižnico TAPI, ta pa komunicira z IP telefonsko centralo preko vmesnika Cisco TSP. Ker uporabljamo knjižnico TAPI, bi aplikacija ostala popolnoma enaka, tudi če bi uporabljali vmesnik kakega drugega proizvajalca in bi se poskušali integrirati z drugo IP telefonsko centralo. Arhitektura tako izdelane aplikacije je prikazana na sliki 7.2.

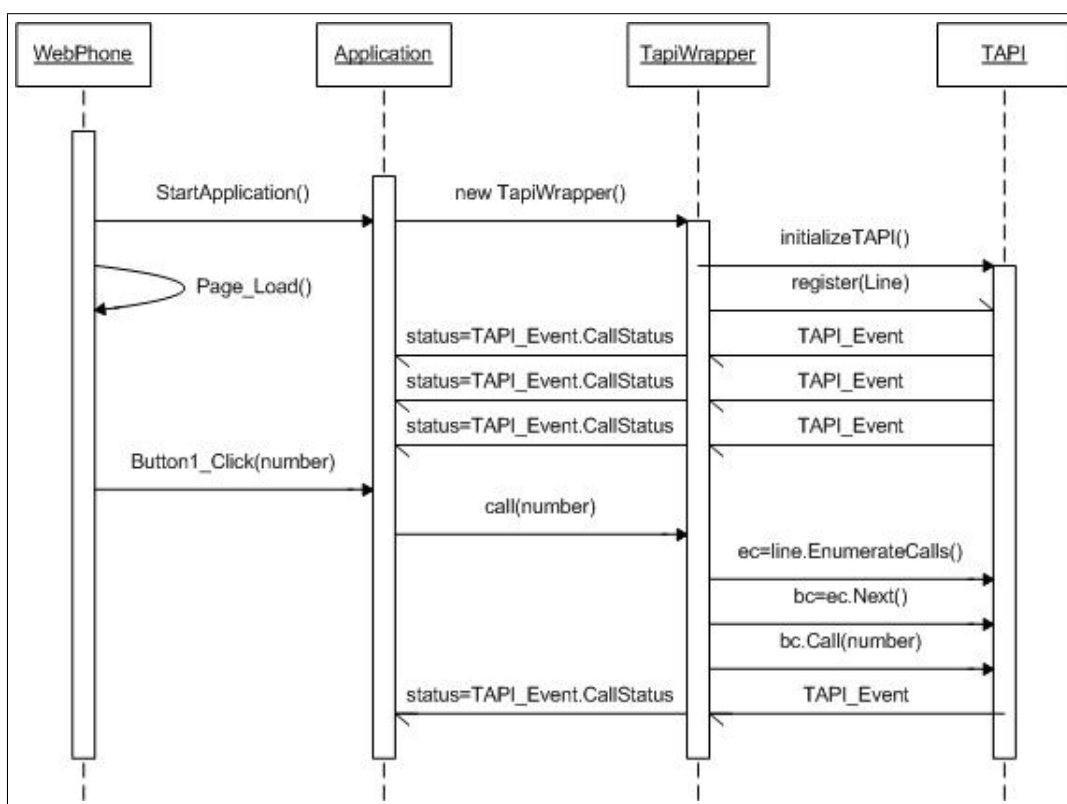


Slika 7.3: Primer delovanja aplikacije ob dohodnem klicu,

7.4 Nadzor osnovnih funkcij IP telefona

Ko je aplikacija končno povezana z IP telefonsko centralo, ji slednja pošilja obvestila o dogodkih ki so se zgodili na telefonskih terminalih, ki jih aplikacija lahko opazuje. Aplikacija ob teh dogodkih obvesti uporabnika in mu ponudi ustrezne mehanizme za kontrolo klica. Seveda uporabnik lahko še vedno uporablja namizni telefon, aplikacija bo vseeno zaznala vse dogodke. Primer inicializacije aplikacije, sprejemanja obvestil o dogodkih in kontrole telefona je prikazan z diagramom zaporedja na sliki 7.3. Delovanje aplikacije v primeru dohodnega klica je prikazano na sliki 7.2. Diagram zaporedja prikazano na sliki 7.4, bi z vidika uporabnika lahko predstavili tudi takole:

- aplikacija vzpostavi komunikacijo s knjižnico TAPI preko ovojnice Tapi-Wrapper;
- aplikacija vzpostavi sprejemanje dogodkov povezanih s telefonskim terminalom (funkcija register(Line));
- aplikacija preko ovojnice TapiWrapper sprejema dogodke povezane z opazovanim telefonskim terminalom;



Slika 7.4: Komunikacija aplikacije s knjižnico TAPI in primer odhodnega klica.

- uporabnik klikne na gumb za vzpostavitev klica;
- aplikacija preko ovojnice TapiWrapper s pomočjo funkcije call() sproži klic.

Sledi primer izvorne kode, ki definira CTI sporočila, ki jih bo aplikacija sprejemala. S tem lahko močno zmanjšamo količino tega tipa prometa in razbremenimo omrežje:

```
tobj.ITTAPIEventNotification_Event_Event += new
    TAPI3Lib.ITTAPIEventNotification_EventEventHandler(this.Event);
    tobj.EventFilter = (int)(
        TAPI_EVENT.TE_CALLNOTIFICATION |
        TAPI_EVENT.TE_CALLINFOCHANGE |
        TAPI_EVENT.TE_ADDRESS |
        TAPI_EVENT.TE_PHONEEVENT |
        TAPI_EVENT.TE_CALLSTATE |
        TAPI_EVENT.TE_GENERATEEVENT |
        TAPI_EVENT.TE_REQUEST);
```

Izsek kode je začetek opazovanja telefonskega terminala, definira pa tudi funkcijo ki se bo sprožila ob vsakem novem dogodku na terminalu (TAPI_EVENT). Vidimo lahko tudi za katere tipe dogodkov je opazovanje omogočeno. Te definira vrednost EventFilter. Primer izvorne kode funkcije, ki sprejema dogodke tipa TAPI_EVENT:

```
public void Event(TAPI3Lib.TAPI_EVENT te, object eobj)
{
    switch (te)
    {
        case TAPI3Lib.TAPI_EVENT.TE_CALLNOTIFICATION:
            break;
        case TAPI3Lib.TAPI_EVENT.TE_DIGITEVENT:
            TAPI3Lib.ITDigitDetectionEvent dd =
            (TAPI3Lib.ITDigitDetectionEvent)eobj;
            break;
        case TAPI3Lib.TAPI_EVENT.TE_GENERATEEVENT:
            TAPI3Lib.ITDigitGenerationEvent dg =
            (TAPI3Lib.ITDigitGenerationEvent)eobj;
            break;
        case TAPI3Lib.TAPI_EVENT.TE_PHONEEVENT:
```

```

        break;
    case TAPI3Lib.TAPI_EVENT.TE_GATHERDIGITS:
        break;
    case TAPI3Lib.TAPI_EVENT.TE_CALLSTATE:
        TAPI3Lib.ITCallStateEvent a =
(TAPI3Lib.ITCallStateEvent)eobj;
        TAPI3Lib.ITCallInfo b = a.Call;
        switch (b.CallState)
        {
            case TAPI3Lib.CALL_STATE.CS_INPROGRESS:
                break;
            case TAPI3Lib.CALL_STATE.CS_CONNECTED:
                break;
            case TAPI3Lib.CALL_STATE.CS_DISCONNECTED:
                break;
            case TAPI3Lib.CALL_STATE.CS_OFFERING:
                break;
            case TAPI3Lib.CALL_STATE.CS_IDLE:
                break;
        }
        break;
    }
}

```

Na tem mestu prikazani izsek izvirne kode aplikacije prikazuje funkcijo, ki se sproži ob vsakem dogodku na opazovanem terminalu. Vidimo lahko, da lahko spremljamo različne tipe dogodkov, tudi samo dvig slušalke, pritiske tipk na telefonu in tisto, kar je za našo aplikacijo najpomembnejše, spremljamo lahko dogodke, povezane s klici - TAPI_EVENT.TE_CALLSTATE. Obe izvorni kodi sta del ovojnice TapiWrapper, ki je najpomembnejši del aplikacije WebPhone. Vrnimo se sedaj nazaj na višji nivo aplikacije WebPhone. Ta je zgrajena iz treh delov:

- uporabniški vmesnik v obliki spletne strani. Namenjen je prikazu informacij uporabniku in mu nudi možnost upravljanja telefonskega klica preko treh gumbov, ki v skladu s stanjem telefonskega klica spreminjajo svoj namen in svoj izgled, podobno kot na prenosnem telefonu.
- ovojnica knjižnice TAPI imenovana TapiWrapper, ki je namenjena komunikaciji aplikacij v okolju .NET s sistemsko knjižnico TAPI3.dll

- aplikacija ki teče na strežniku v ozadju spletne strani in preko ovojnice TapiWrapper komunicira s telefonskim sistemom in sistemom CRM.

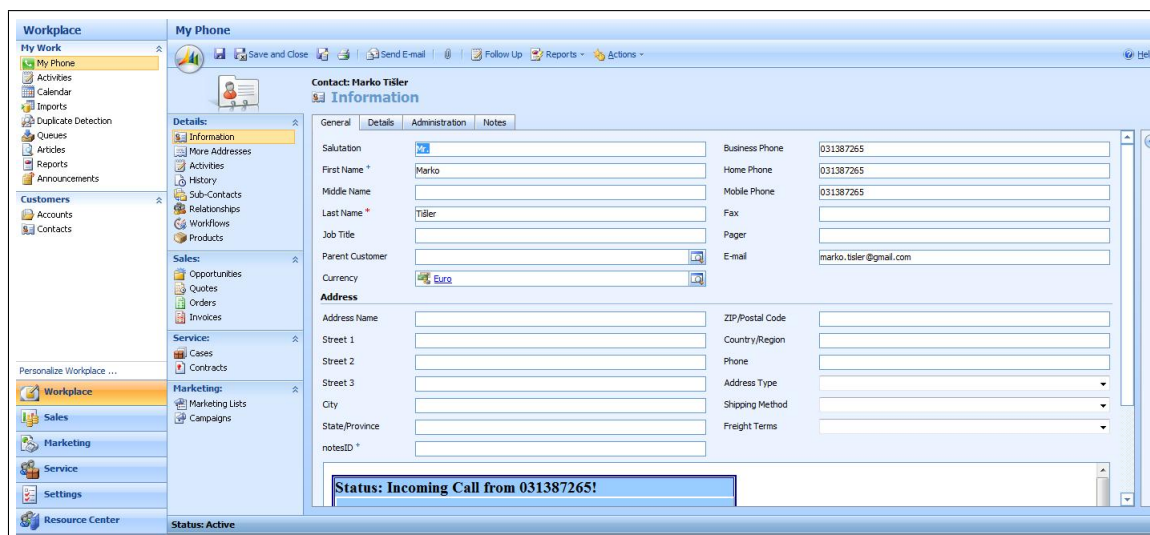
Primer izvorne kode znotraj ovojnice TapiWrapper, ki proži nov klic:

```
public void call(String number) {
    TAPI3Lib.ITAddress ln = null;
    ln = lajn;
    if (number.Length != 0)
    {
        try
        {
            bcc = ln.CreateCall(number,
TapiConstants.LINEADDRESSTYPE_IPADDRESS,
TapiConstants.TAPIMEDIATYPE_AUDIO);
            bcc.Connect(false);
        }
        catch (Exception exp)
        {
            throw new Exception("Error: " + exp.ToString());
        }
    }
    else
    {
        throw new Exception("Exceptional Exception");
    }
}
```

Vidimo lahko, da so operacije, kot je proženje klica, ko enkrat vzpostavimo povezavo s telefonsko centralo in knjižnico TAPI ter začnemo z opazovanjem, precej enostavne.

7.5 Povezava s sistemom CRM in prikaz podatkov o klicoči osebi

Aplikacija WebPhone je s sistemom CRM integrirana na dva načina. Prvič je integrirana v uporabniški vmesnik sistema CRM, kar je narejeno s pomočjo gnezdenja spletnih strani in minimalnim spreminjanjem že obstoječih spletnih strani sistema CRM. Drugič je aplikacija s sistemom CRM integrirana tudi

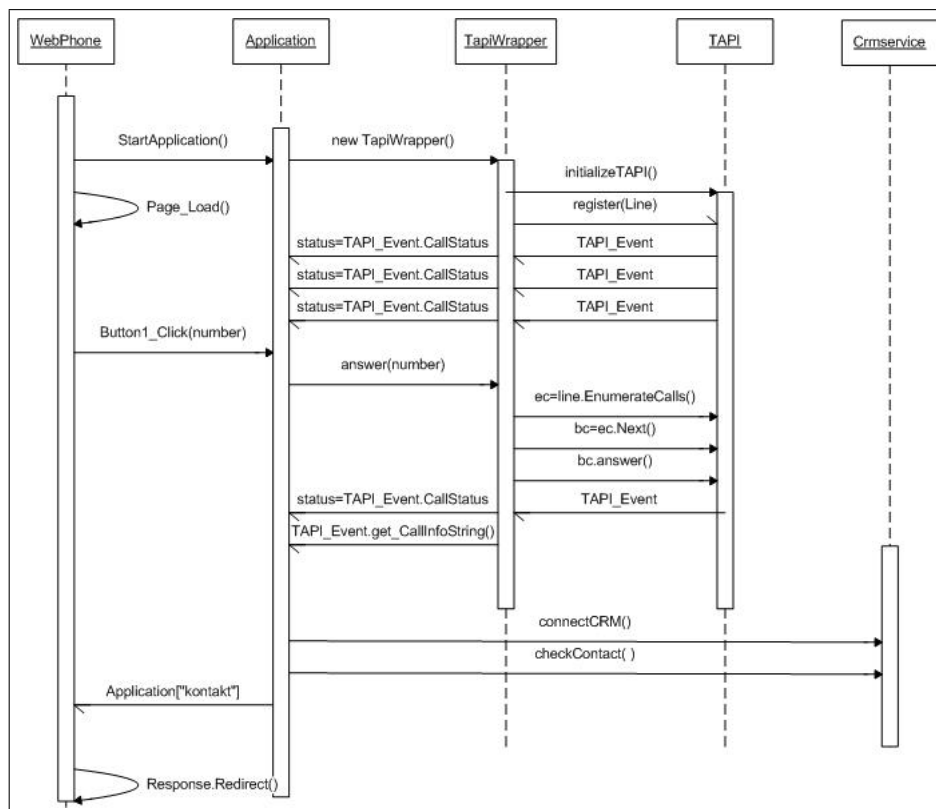


Slika 7.5: Primer dohodnega klica, kjer aplikacij odpre podatke o klicoči osebi.

preko spletne storitve, preko katere pridobiva podatke o kontaktu potrebne za prikaz podatkov o klicoči osebi, kar prikazujeta sliki 7.5 (uporabniški vmesni) in 7.6 (diagram zaporedja). Aktivnost diagrama zaporedja bi s stališča uporabnika opisali takole:

- aplikacija preko dogodka tipa TAPI_Event dobi obvestilo o dohodnem klicu, o čemer obvesti uporabnika;
- uporabnik klikne gumb za sprejem klica;
- aplikacija z uporabo ovojnice TapiWrapper najde ustreznici klic in ga sprejme;
- aplikacija se poveže s sistemom CRM in na podlagi klicoče telefonske številke pridobi podatke o klicatelju. Te podatke prikaže uporabniku v novem pojavnem oknu.

Ob dohodnem klicu aplikacija na podlagi telefonske številke klicočega preko spletnih storitev pridobi podatke o klicoči osebi in odpre novo okno, ki uporabniku omogoča pregled in vnos podatkov povezanih s klicočo osebo v sistem CRM.



Slika 7.6: Komunikacija aplikacije s knjižnico TAPI, sistemom CRM v primeru dohodnega klica.

Poglavje 8

Ovrednotenje implementacije

Z vidika funkcionalnosti je aplikacija zrela za produkcijsko okolje, saj izpolnjuje vse zastavljene cilje, integracija z IP telefonsko centralo pa sledi standardu TAPI. Bistvene funkcionalne prednosti aplikacije so:

- kontrola klicev z računalniškega namizja,
- prikaz in vnos podatkov o kličočem v sistemu upravljanja odnosov s strankami Microsoft Dynamics CRM,
- odprava odvečnih uporabniških operacij pri delu v kontaktnem centru.

Poleg funkcionalnih ima aplikacija tudi nekaj drugih prednosti, povezanih predvsem z nadaljnjo uporabo in razširljivostjo aplikacije. Te lastnosti dajejo aplikaciji tudi trajnejšo vrednost in omogočajo njeno ponovno uporabo v drugih okoljih in z drugačnimi nameni. Predvsem bi izpostavil naslednji lastnosti:

- zaradi lastnosti sistema Microsoft Dynamics CRM, modularne zasnove aplikacije WebPhone in dejstva da je uporabniški vmesnik implementiran v obliki spletne strani in ga je mogoče enostavno spremeniti in razširiti je aplikacijo mogoče enostavno spremeniti za lastne potrebe;
- zaradi sledenja standardu TAPI jo je mogoče uporabiti za komunikacijo z drugimi IP telefonskimi centralami ki zagotavljajo podporo TAPI vmesniku.

Pred začetkom izdelave nisem imel namena izdelati ovojnice TapiWrapper za knjižnico TAPI, vendar je zelo hitro postalo jasno, da neposredna komunikacija s to knjižnico v okolju .NET ne bo možna, tako da je ovojnica nekakšen stranski produkt, ki bo mogoče pomagal razjasniti uporabo TAPI znotraj .NET tudi

kakemu drugemu razvijalcu. Razširitev funkcionalnosti, ki jih ovojnica Tapi-Wrapper zagotavlja, bi lahko ponudila celostno rešitev za razvijalce v okolju .NET, saj Microsoft ne kaže interesa, da bi to storil sam. Ker je knjižnica TAPI precej kompleksna in pri razvoju aplikacij zahteva zelo dobro poznavanje telefonskega sistema, bi bila izdelava popolnejše ovojnice za okolje .NET zelo zanimiva naloga, vendar presega zadani obseg tega diplomskega dela.

Izboljšav bi bila lahko deležna tudi sama aplikacija. Na seznamu potencialnih izboljšav bi bil na prvem mestu vsekakor uporabniški vmesnik, ki zaenkrat zajema le najnunejše komponente za uporabo aplikacije, njegov dizajn pa je zelo preprost. Zanimivo bi ga bilo implementirati s pomočjo tehnologije Microsoft Silverlight, ki omogoča izdelavo grafično zelo naprednih spletnih vmesnikov. Sam sem s tem poskušal, vendar komunikacija s knjižnicami, ki niso del tega okolja, zaenkrat še ni možna, tako da bi bilo zanimivo raziskati možnost, kako bi lahko komunikacijo s knjižnico TAPI implementirali v prihodnje.

Druga velika slabost implementacije je varnost. Edini uporabljeni varnostni mehanizem je avtentikacija z IP telefonsko centralo z uporabniškim imenom in geslom ter večnivojski sistem pravic na strani IP telefonske centrale, ki omejuje dostop le do uporabnikovih telefonov. Vpeljava aplikacije v trenutni obliki v sistem VoIP, ki uporablja naprednejše varnostne mehanizme, bi pomenila oslabitev varnosti tega sistema, zato bo pred nadaljnjo uporabo treba razmisliti o implementaciji bolj naprednih varnostnih mehanizmov z uporabo TLS.

Poglavje 9

Zaključek

Diplomsko delo obravnava trenutno dostopne in aktualne načine integracije sistemov IP telefonij z računalniškimi aplikacijami ter nakazuje trende povezovanja telefonskih sistemov z namiznimi aplikacijami. Predstavljeni so trenutno aktualni in uveljavljeni standardi na tem področju ter rešitve, ki se teh standardov tudi držijo. Predstavljeni so tudi konkretni primeri takih rešitev, ki jih podpira okolje Cisco Unified Communications, naredil pa sem tudi primerjavo posameznih rešitev med sabo, konkretno z vidika skalabilnosti, kompleksnosti, varnosti, števila podprtih funkcionalnosti in razširljivosti rešitev. Na podlagi primerjav sem podal smernice, v katerih primerih in katerih okoljih bi lahko najboljše izkoristili posameznega izmed razpoložljivih načinov integracije.

Za ponazoritev implementacije integracije in uporabe standardiziranih vmesnikov sem izdelal aplikacijo, namenjeno kontroli klicev preko spletne aplikacije, ki se hkrati tudi integrira v sistem Microsoft Dynamics CRM, od koder pridobiva podatke o kličoči osebi in jih avtomatsko prikazuje. Ker aplikacija uporablja standardiziran vmesnik, je neodvisna od platforme telefonskega sistema in bi jo brez dodatnih posegov v izvorno kodo lahko uporabili tudi s sistemi drugih proizvajalcev.

Seveda se bodo standardi na tem področju razvijali še naprej, trajno vrednost diplomskega dela pa vidim predvsem v splošnem uvajanju v svet integracije telefonskih in računalniških sistemov, saj na tem področju zaenkrat še vedno ni na voljo enovita literatura, ki bi razvijalcu razumljivo obdelala to tematiko. Bodisi je ta preveč usmerjena v telefonski del ali pa je usmerjena v izdelavo programske kode s pomočjo izdelanih knjižnic, ne predstavi pa njenega ozadja in samega delovanja, katerega razumevanje je v telefonskih sistemih pomembno, tudi če želimo izdelati le aplikacijo, ki se z njim integrira.

Kar se tiče same prikazane aplikacije, je seveda še veliko prostora za izboljšave

in dodatne funkcionalnosti, kjer je na prvem mestu po mojem mnenju uporaba različnih varnostnih mehanizmov, ki so predstavljeni tudi v tem diplomskem delu. Druge izboljšave bi bil lahko deležen tudi grafični vmesnik ter še bolj tesna integracija s sistemom Microsoft Dynamics CRM, saj bi aplikacijo ali pa njene dele lahko koristno uporabili še na različnih delih sistema. Končno bi aplikacijo lahko uporabili tudi v drugih programskih orodjih ali celo razvili rešitev, ki je platformsko neodvisna, zanimiva pa bi bila tudi izdelava bolj podrobne ovojnice knjižnice TAPI, ki je sama po sebi precej zapletena za uporabo, v okviru tega diplomskega dela izdelana ovojnica pa podpira le osnovni nabor funkcij ki jih knjižnica ponuja.

Sam sem se pri svojem delu srečal z vsemi opisanimi načini integracije in lahko rečem da ni najboljših izbire, so le najbolj primerne izbire za dani problem, dano okolje in razpoložljivi čas za razvoj. Če pri razvoju želimo biti zares maksimalno neodvisni, potem je prava izbira protokol SIP, če se želimo držati rigoroznih standardov na področju telefonije, potem je prava izbira protokol H.323, če pa nam to dvoje ni prioriteta, pa bomo izbrali eno izmed rešitev v sklopu tehnologij CTI, kjer pa izbiro najbolj pogojuje prav okolje, v katerem želimo izdelati aplikacijo ter koliko časa imamo na voljo za njen razvoj.

Slike

2.1	Primer aplikacije ki opravlja funkcije namiznega telefona.	9
2.2	Primer obvestila ob dohodnem klicu in prikaz klicatelja.	10
2.3	Primer integracije v odjemalcu elektronske pošte Outlook.	11
3.1	Komunikacija med PC domeno in VoIP domeno.	15
5.1	Primer aplikacije za nadzor klica s strani prve osebe	22
5.2	Primer aplikacije za nadzor klica s strani tretje osebe.	23
5.3	Osnovna abstrakcija telefonskega sistema kot ga uporablja JTAPI.	36
5.4	Klicni model, kot ga uporablja JTAPI.	37
5.5	Primer delovanja opazovalca.	38
5.6	TAPI arhitektura na operacijskem sistemu Microsoft Windows.	39
5.7	Primer vzpostavitve klica s pomočjo spletne storitve WebDialer.	43
7.1	Nastavitve vmesnika Cisco TSP.	50
7.2	Arhitektura aplikacije.	51
7.3	Primer delovanja aplikacije ob dohodnem klicu,	52
7.4	Komunikacija aplikacije s knjižnico TAPI in primer odhodnega klica.	53
7.5	Primer dohodnega klica, kjer aplikacij odpre podatke o klicoči osebi.	57
7.6	Komunikacija aplikacije s knjižnico TAPI, sistemom CRM v primeru dohodnega klica.	58

Literatura

- [1] Bayer, Michael, Computer Telephony Demystified - Putting CTI, Media Services, and IP Telephony to Work, New York McGraw-Hill Professional, 2000
- [2] Collier, Mark, Basic Vulnerability Issues for SIP Security, Dostopno na:http://download.securelogix.com/library/SIP_Security030104.pdf
- [3] Schulzrinne, Henning, Rosenberg, Jonathan, A Comparison of SIP and H.323 for Internet Telephony Dostopno na:http://www.cs.columbia.edu/hgs/papers/Schu9807_Comparison.pdf
- [4] Bates, J. Regis, Broadband Telecommunications Handbook, McGraw-Hill Companies, 1999
- [5] Thermos, Peter, Takanen, Ari, Securing VoIP Networks, Addison-Wesley 2008
- [6] IEC, Network Computer-Telephony Integration (CTI) Delivering Intelligent Network (IN) Services Dostopno na:http://www.alfa.une.edu.ve/biblio/BiblioGenreral/N/net_cti.pdf
- [7] Amundsen, Michael, MAPI, SAMI & TAPI, SAMS Publishing, 1996
- [8] Wallace, Kevin, Cisco Voice over IP, Cisco Press, 2009