

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт компьютерных наук и технологий

Кафедра компьютерных систем и программных технологий



ВЫПУСКНАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема: Модуль SIP-телефонии для веб-браузера

Студент гр. 43501/4 В.С. Филиппов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт компьютерных наук и технологий

Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Работа допущена к защите

зав. кафедрой

_____ В.М. Ицыксон

«_____» _____ 2016 г.

ВЫПУСКНАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема: Модуль SIP-телефонии для веб-браузера

Направление: 230100 – Информатика и вычислительная техника

Выполнил студент гр. 43501/4

_____ В.С. Филиппов

Научный руководитель,

ст. преп.

_____ А.В. Зозуля

Эта страница специально оставлена пустой.

РЕФЕРАТ

Отчет, 33 стр., 11 рис., 8 ист.

СОФТФОН, IP-ТЕЛЕФОНИЯ, WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ

Бакалаврская работа посвящена осуществлению телефонных звонков из браузера. Рассмотрены существующие решения в данной области. Сформулированы требования к программному модулю, осуществляющего звонки. TODO

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ РЕАЛИЗАЦИИ SIP-ТЕЛЕФОНИИ ДЛЯ WEB-БРАУЗЕРА	10
1.1. Подход к реализации телефонии для web-браузера на Java	10
1.2. Подход к реализации телефонии для web-браузера на Flash	12
1.3. Подход к реализации телефонии для web-браузера на WebRTC	14
2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ, ВЫБОР СПОСОБА РЕШЕНИЯ	17
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МОДУЛЯ	19
4. РАЗРАБОТКА	20
4.1. Разработка подмодулей, не зависящих от web-приложения	20
4.2. Разработка подмодулей, зависящих от web-приложения, на примере SalesPlatform vtiger CRM 6.4	23
5. ТЕСТИРОВАНИЕ, АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	25
5.1. Тестовое окружение	25

5.2. Функциональное тестирование	26
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	31
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ . . .	32

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

AEC	Acoustic Echo Cancellation, эхоподавление
AES	Advanced Encryption Standard, один из симметричных алгоритмов блочного шифрования
AGC	Automatic Gain Control, автоматическая регулировка усиления
AJAX	Asynchronous Javascript And Xml
AJB	Adaptive Jitter Buffer, буфер выравнивания задержек передачи
AS3	Action Script 3
CRM	Customer Relationship Management, управление взаимоотношениями с клиентами
DTLS	Datagram Transport Layer Security, протокол датаграмм безопасности транспортного уровня
DTMF	Dual-Tone Multi-Frequency, двухтональный многочастотный аналоговый сигнал
FCS	Flash Communication Server
JRE	Java Runtime Environment
RTC	Real-Time Communications, коммуникации в реальном времени
SIP	Session Initiation Protocol

SRTP	Secure Real-time Transport Protocol, безопасный протокол передачи данных в реальном времени
VoIP	Voice over IP, IP-телефония
ПО	программное обеспечение

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время очень популярными стали web-приложения, например социальные сети, игры, онлайн-редакторы (документов, изображений и видео), прямые видео-трансляции и многие-многие другие.

Около 15 лет назад клиент просматривал web-страницы, только переходя с одной на другую. Примерно в 2005 году, появился способ сделать страницы динамичными с помощью AJAX. С тех пор, почти весь обмен по HTTP инициировался клиентом разными способами, например каким-нибудь действием, или периодическим опросом сервера на получение новых данных. Однако при таком обмене появляется задержка на установление HTTP-соединения каждый раз при получении новых данных от сервера. Это создавало проблемы для создания web-приложений реального времени. (<http://www.html5rocks.com/en/tutorials/websockets/basics/>)

Около 5 лет назад появилась новая технология, которая позволила обмениваться двум сторонам асинхронно и симметрично. Это полнодуплексный протокол WebSocket, который работает поверх TCP. Уже в 2009 году вышла первая версия браузера, поддерживающая стандарт. (<http://blog.chromium.org/2009/12/web-sockets-now-available-in-google.html>)
//TODO

1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ РЕАЛИЗАЦИИ SIP-ТЕЛЕФОНИИ ДЛЯ WEB-БРАУЗЕРА

Для разработки модуля телефонии для web-браузера необходимо сначала проанализировать существующие способы. Рассмотрим их в хронологическом порядке.

1.1. Подход к реализации телефонии для web-браузера на Java

Временем появления телефонии для браузера можно считать момент, когда в Java апплетах появилась поддержка захвата аудио с микрофона. JRE широко распространена и обычно уже установлена в Windows и Linux системах.[1] Java код выполняется на JRE установленной на компьютере или в расширении браузера, захватывает аудио с микрофона и отправляет его на сервер по протоколу RTP. Такой апплет должен быть подписан, и при его запуске пользователя спросят, желает ли он запустить подписанный апплет от данного производителя, который имеет доступ к функциям сетевого обмена, доступ к микрофону и т.п.

Преимущества данного подхода:

1. поддерживается большинством браузеров
2. возможность прямого взаимодействия с сервером по RTP

3. доступность JRE для конечного пользователя

К сожалению, в Java есть проблемы с обработкой звука в реальном времени. А это почти всё алгоритмы, которые должны быть у каждого VoIP-телефона: АЕС, АРС, АЖВ и Noise suppression (подавление шума).

Эхоподавление позволяет использовать динамики так, чтобы собеседник не слышал собственных слов, которые предаются обратно с динамиков на микрофон. АРС регулирует громкость так, чтобы не было слишком тихо или слишком громко. АЖВ устраняет большую задержку в передаче и "choppy audio"— прерывистый неразборчивый звук.

Все эти алгоритмы теоретически можно реализовать на Java, но это проблемно. Во-первых, реализовать универсальные и производительные алгоритмы (например, АЕС) достаточно сложно. Во-вторых, реализация таких алгоритмов на Java может работать в несколько раз медленнее, чем на C/C++, а это может сказаться с большим расходом ресурсов клиентского CPU.

Производители Java апплетов с функцией звонков реализуют собственные обработчики звука или используют уже существующие решения на C/C++. Они используют в апплете библиотеки, которые берут на себя обработку вышеописанных алгоритмов. В результате Java апплет имеет стандартные VoIP функции для обеспечения качественного звонка со всеми VoIP алгоритмами.

Таким образом, подход к реализации VoIP-телефонии на Java имеет два недостатка:

1. сложность реализации алгоритмов обработки звука для каждой платформы
2. отсутствие кроссплатформенности - алгоритмы обработки звука должны быть реализованы на всех платформах, или используемые библиотеки должны быть кроссплатформенными
3. необходимо устанавливать JRE

Довести DSP до отличного качества или купить соответствующие разработки может позволить себе не каждый вендор. То же касается поддержки различных кодеков для аудио и видео.

1.2. Подход к реализации телефонии для web-браузера на Flash

Начиная с 6 версии Flash Player умел взаимодействовать с FCS MX 1.0 и обмениваться с сервером потоками аудио данных. Он умел захватывать аудио и кодировать его с помощью кодека NellyMoser, и видео и кодировать его с помощью кодека Sorenson Spark. В качестве транспорта для аудио и видео в Flash Player 6 использовался протокол RTMP, который сегодня имеет открытую спецификацию, опубликованную Adobe. До полноценной VoIP-телефонии тогда было еще очень далеко. Но платформа делала свое дело и передавала звук и видео от одного плеера к другому через сервер.

Однако в связке Flash Player 6 + FCS MX 1.0 была задержка звука, она также осталась в следующих версиях сервера, включая последнюю Adobe Media Server. Причина в том, что RTMP протокол

работает поверх TCP, а потому не приспособлен для полноценного VoIP. Для приложений реального времени лучше использовать UDP.

Проблему с UDP в Flash Player решили в 10 версии: ввели поддержку нового протокола RTMFP и функцию AEC. В 11 версии Flash Player добавили поддержку кодеков G.711 и H.264. В AS3 API так же имеются AJB для кодеков G.711 и Speex.

Итак, VoIP алгоритмы, которые поддерживает Flash Player 11: AEC, AJB, AES шифрование. Шифрование AES защищает трафик между браузером и сервером от посторонних.

Но у Flash Player есть небольшая проблема. В документации Adobe AS3 сказано, что RTMFP поддерживает три режима: надежная доставка, частично-надежная доставка, ненадежная доставка. Но есть только два флага для аудио и видео которые принимают либо "true" либо "false". "False" описывается как режим частичной доставки. В итоге, получается, что ненадежную доставку включить не удаётся, а при передаче звука она наиболее важна. Частичная доставка – это TCP ретрансмиты, которые происходят очень ограниченное время, но этого хватает, чтобы испортить звук в нестабильной сети. Такие ретрансмиты вызывают дрожание, которые портит поток. AJB на принимающей стороне не может справиться с таким большим разбросом. Решением может оказаться добавление ненадёжной доставки на уровне протокола на серверной стороне.

Таким образом, у подхода к реализации VoIP-телефонии на Flash есть следующие преимущества:

1. поддерживается большинством браузеров

2. привычная технология для разработчиков – AS3
3. качественная передача аудио и видео

Однако имеются и недостатки:

1. требует промежуточного сервера (не поддерживает открытые UDP протоколы, такие как RTP/SRTP)
2. отсутствие AGC
3. необходимо устанавливать Flash Player

1.3. Подход к реализации телефонии для web-браузера на WebRTC

WebRTC - проект с открытым исходным кодом, предназначенный для организации передачи потоковых данных между браузером или другими поддерживающими его приложениями по технологии точка-точка.[2]

Технология WebRTC имеет продуманную архитектуру, избавленную от ошибок и недостатков, выявленных в плагинах браузера, которые существовали до неё. Технологические возможности WebRTC: SRTP, DTLS, ICE, STUN, AEC, AGC, AJB, Opus, VP8.

//TODO nomenclature ICE STUN Opus VP8 SDK

Набор используемых в WebRTC технологий больше похож на VoIP SDK. SRTP и DTLS обеспечивает защиту трафика между WebRTC узлами. ICE и STUN помогают преодолеть NAT.[3] AEC, AGC и AJB работают для того чтобы сделать аудио и видео качественным – без лагов и задержек. Кодеки Opus и VP8 хорошо подходят для

глобального Интернета, где скорость соединения может неожиданно падать.

Однако надо отметить, что подходы к реализации VoIP-телефонии в браузере, рассмотренные ранее (Java и Flash) требуют дополнительной установки ПО. WebRTC — это единственная технология, которая является родной для браузера.

Преимущества технологии WebRTC:

1. все алгоритмы обработки звука
2. технология встроена в браузер
3. совместимость с традиционными VoIP
4. реализован на популярном среди web-разработчиков языке JavaScript

Недостатки технологии WebRTC:

1. RFC ещё не разработан, на сегодняшний день существует черновик[4]
2. Поддерживается не всеми браузерами
3. Необходима поддержка со стороны сервера (имеется поддержка известными Asterisk, FreeSWITCH)

Как мы видим преимуществ у подхода для разработки модуля SIP-телефонии на основе технологии WebRTC больше. Недостатки же в ближайшее время будут устраняться.

//TODO В браузере имеется возможность осуществлять обмен не по HTTP-протоколу, а с помощью WebSockets. Уже в 2009 году

(<http://blog.chromium.org/2009/12/web-sockets-now-available-in-google.html>)

они стали доступны

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ, ВЫБОР СПОСОБА РЕШЕНИЯ

В современном мире коммуникации через интернет становятся очень удобными, и экономят время. Такие коммуникации особенно будут экономить время, если их встроить в CRM-системы. Поэтому задача будет написать модуль SIP-телефона для web-браузера, поддерживаемого как можно большим количеством браузеров, и легко в будущем встраиваемый в любое web-приложение, например, CRM-систему. В данной работе ограничимся только передачей аудио потока.

Для реализации данной задачи, будем использовать технологию WebRTC. Существуют две реализации технологии WebRTC по протоколу SIP на JavaScript: библиотека sipML5 и библиотека JsSIP.[5][6]

Размер библиотеки JsSIP 130kb, но она требует установки Node.js на сервере. Размер библиотеки sipML5 чуть больше 1Mb.

Обе библиотеки довольно неплохие и имеют следующие преимущества:

1. хорошая документация
2. возможность осуществления аудио и видео звонков
3. возможность отправки мгновенных сообщений
4. поддержка статуса присутствия в сети
5. функция удержания вызова

6. функция отключения микрофона

7. тональный набор (DTMF)

Помимо этого в библиотеке sipML5 имеются функции трансляции экрана (пока что только для Google Chrome), перенаправления вызова и группового звонка.

Хоть и обе библиотеки довольно хороши, для нашей задачи выберем библиотеку sipML5, потому что функциональность у неё больше и не нужно дополнительно устанавливать Node.js на сервер.

На рисунке 2.1 под номером 4 изображён разрабатываемый модуль.

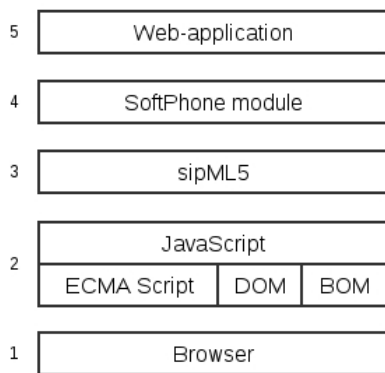


Рисунок 2.1. Структура взаимодействия модулей

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МОДУЛЯ

На рисунке 3.1 изображена архитектура модуля. Опишем каждую часть модуля.

Первая часть, изображённая как `getSipAccount`, отвечает за получение данных о SIP-аккаунте пользователя. Вторая часть, изображённая как `callEvents`, передаёт серверу информацию о событиях звонка. Эта информация позволит web-приложению отображать текущие звонки и хранить историю о них. Данные этих двух частей отправляются AJAX-запросами на сервер. Третья часть отвечает за реализацию click-to-call.

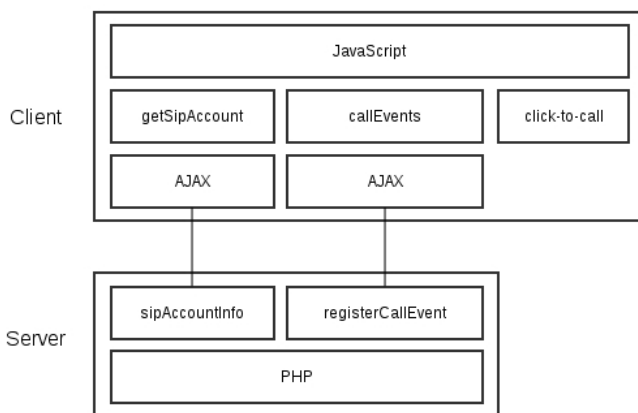


Рисунок 3.1. Архитектура модуля

4. РАЗРАБОТКА

4.1. Разработка подмодулей, не зависящих от web-приложения

Разрабатываемый модуль должен быть легко подключаем к web-приложению. Поэтому было решено сделать файл `softPhone.js`, который подключает модуль `softPhone.html` AJAX-запросом. `SoftPhone.html` включает в себя разметку кнопок плавающего окна, подключает аудио-файлы звонка и гудков, а также подключает остальные подмодули:

- `SIPml-api.js` - подмодуль библиотеки `sipML5`.
- `softPhoneCore.js` - подмодуль, отвечающий за аутентификацию клиента на сервере SIP-телефонии, и осуществление звонков. Также в нём отслеживаются события звонка (`CallEvents`).
- `softPhonePopupUI.js` - подмодуль обработки плавающего окна при перетаскивании мышью.
- `softPhone.css` - подмодуль разметки плавающего окна.
- `softPhone_"web-app".js`¹ - подмодуль, в котором размещается функция `getSipAccount()` для конкретного web-приложения.
- `softPhone_"web-app".php` - подмодуль, отправляющий `sipAccountInfo` клиенту.

¹ здесь "web-app" означает название web-приложения, к которому будет подключаться модуль

Основные функции подмодуля `softPhoneCore.js`:

- `createSipStack()` - иницирует конфигурацию SIP-соединения, основываясь на информации полученной `getSipAccount()`.
- `register()` - аутентификация SIP-клиента на сервере.
- `unregister()` - деаутентификация SIP-клиента на сервере, выполняется при закрытии web-страницы, если не было сделано вручную.
- `onSipEventStack(e)` - обработчик событий управляющей созданием или завершением SIP-сессий. Сессия аутентификации создаётся после аутентификации, а сессия звонка создаётся при входящем или исходящем звонке. Такие события поступают от сервера.
- `onSipEventSession(e)` - обработчик событий SIP-сессий. Обрабатываются события ответа на звонок и сброса. Такие события поступают от собеседника.
- `call()` - обработчик кнопки вызова.
- `hangup()` - обработчик кнопки сброса.
- `finalState(action)` - функция конечного автомата, управляющего состоянием SIP-клиента (см. рисунок 4.1). В состоянии `calling` мы слышим гудки, а в состоянии `incoming` мы слышим рингтон. Также здесь происходит включение и выключение кнопок `Call` и `HangUp`.

- `startRingTone()`, `stopRingTone()`, `startRingbackTone()` и `stopRingbackTone()` - функции воспроизведения и останова воспроизведения рингтона и гудков.

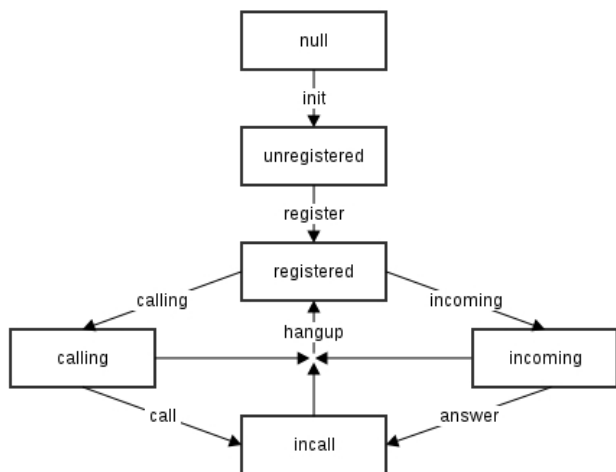


Рисунок 4.1. Конечный автомат, управляющий состоянием SIP-клиента

Основные функции подмодуля `softPhonePopupUI.js`:

- `show_hide_popup()` - функция отображения и скрытия всплывающего окна.
- `mouseDown(e)`, `mouseUp()` и `popupMove(e)` - функции перетаскивания всплывающего окна.

4.2. Разработка подмодулей, зависящих от web-приложения, на примере SalesPlatform vtiger CRM 6.4

Модуль софт-фона будет очень полезен для CRM-систем. Операторам компаний будет намного удобнее осуществлять звонки из CRM-системы прямо в браузере и создавать комментарии к звонкам. В CRM-системе SalesPlatform vtiger CRM 6.4 имеется модуль PBXManager, который осуществляет звонки при помощи стороннего настольного или мобильного приложения, или же аппаратного SIP-телефона. При осуществлении вызова через CRM-систему, система сообщает серверу SIP-телефонии, что происходит вызов, тогда стороннее приложение или аппаратный SIP-телефон начинает звонить. Во время звонка в CRM-системе создается карточка звонка.

Подмодули `softPhone_vtiger.js` и `softPhone_vtiger.php` были разработаны для CRM-системы SalesPlatform vtiger CRM 6.4. Подмодуль `softPhone_vtiger.js` содержит функцию `getSipAccount()`, которая осуществляет AJAX-запрос данных о SIP-аккаунте (ip-адрес и порт сервера телефонии, SIP-номер и пароль для текущего пользователя CRM-системы). А подмодуль `softPhone_vtiger.php` отвечает на этот запрос. Для этого он анализирует данные о сессии пользователя, и, обращаясь к другим модулям CRM-системы, получает информацию о SIP-аккаунте текущего пользователя.

Так же подмодуль `softPhone_vtiger.js` должен генерировать и отправлять данные о состоянии звонка, а `softPhone_vtiger.php` должен их получать и генерировать карточки звонков, которые заполняются

операторами.

Однако эти задачи очень трудоёмки, так как исходный код данной CRM-системы очень большой, и поэтому выполнены не были. Получение информации о SIP-аккаунте было прописано только для одного пользователя. То есть любой пользователь, кто использует разработанный нами софт-фон, авторизуется за одного и того же пользователя на SIP-сервере. Так же не было реализовано создание карточек звонков в CRM-системе.

В функцию click-to-call модуля PBXManager было добавленно несколько строк кода, заполняющих поле набираемого номера в нашем модуле. То есть осуществив patch PBXManager, легко можно добавить click-to-call в разрабатываемый модуль.

5. ТЕСТИРОВАНИЕ, АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Тестовое окружение

На сервере установлена операционная система Debian GNU/Linux 8.4 (jessie). На сервере установлен сервер IP-телефонии Asterisk 13.7.2. В конфигурационных файлах настроены звонки с номерами формата XXX, и добавлены внутренние номера, позволяющие звонить при помощи web-сокетов по порту 8088. Для этого создан DTLS-сертификат, и включена поддержка icesupport.[7] Также добавлены номера, позволяющие звонить при помощи обычных сокетов по порту 5060.

На этом же сервере установлена CRM-система SalesPlatform vtiger CRM 6.4, которая работает на сервере Apache 2.4.10, в связке с PHP 5.6.22-0+deb8u1 и MySQL Server 5.5.49-0+deb8u1. Файлы разрабатываемого модуля помещены в корень CRM-системы. Чтобы подключить JavaScript файл к данной CRM-системе, необходимо добавить в базу данных CRM-системы в таблицу vtiger_links запись с полями: linkurl - название файла (в нашем случае softPhone.js), linktype - HEADERSCRIPT, tabid - 0.[8] В этом случае скрипт будет выполняться при каждой загрузке страницы.

Тестирование проводилось на браузерах Iceweasel 38.7.1, Mozilla Firefox 47.0, в них звонок работает хорошо. Также проводилось тестирование в браузерах Google Chrome 50.0.2661.75, Opera 38.0.2220.31, но на них не удалось полностью управлять звонком: иногда голос передавался только в одну сторону, иногда не удавалось его завершить.

5.2. Функциональное тестирование

Требования к работе модуля:

- Аутентификация и деаутентификация на сервере.
- Сессия аутентификации должна корректно переходить из одного состояния в другое.
- Корректные инициализация вызова и воспроизведение рингтона и гудков.
- Сессия звонка должна корректно переходить из одного состояния в другое.
- При звонке передача голоса должна быть в обе стороны.
- В графическом интерфейсе в определённые состояния звонка должны быть неактивны определённые кнопки. Например, в момент разговора кнопка звонка должна быть выключена и доступна только кнопка сброса.
- Корректная обработка звонков на несуществующие номера.

Функциональное тестирование проводилось вручную. Проверялись инициализация вызова как входящего, так и исходящего. Проверялось завершение вызова, инициируемое как нашим клиентом, так и клиентом собеседника. Завершение вызова проверялось как в момент разговора, так и в момент до снятия трубки.

На рисунках 5.1 - 5.8 изображён корректный графический интерфейс в разных состояниях.

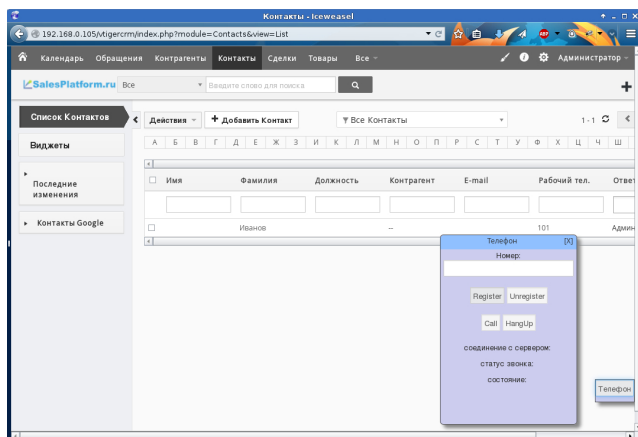


Рисунок 5.1. Модуль в CRM-системе SalesPlatform vtiger CRM 6.4,
начальное состояние модуля

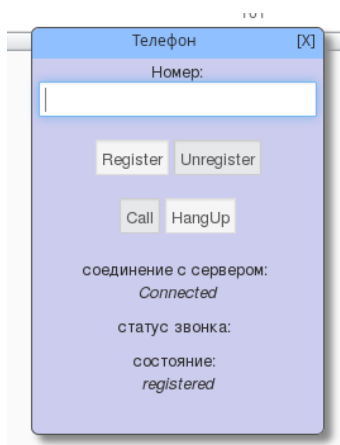


Рисунок 5.2. Состояние после аутентификации на сервере

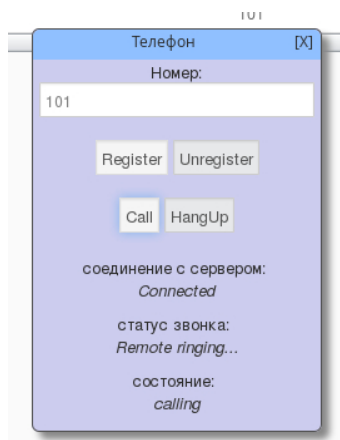


Рисунок 5.3. Состояние исходящего звонка (воспроизводятся гудки)

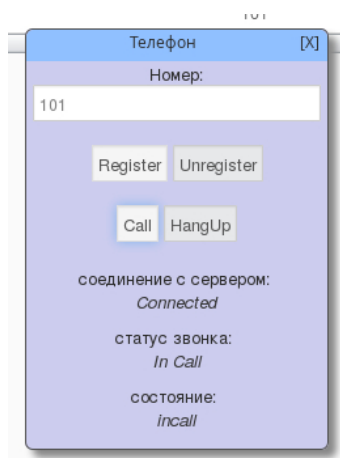


Рисунок 5.4. Состояние в процессе звонка

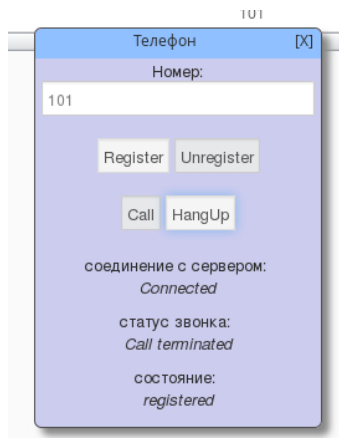


Рисунок 5.5. Состояние завершения звонка, такое же как и состояние после аутентификации на сервере

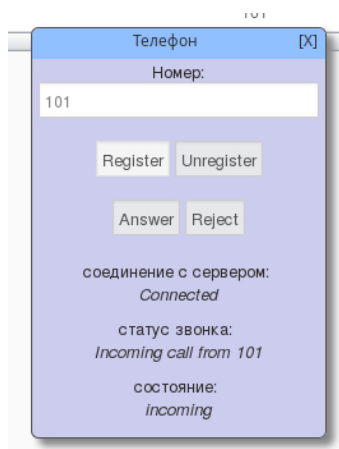


Рисунок 5.6. Состояние входящего звонка (воспроизводится рингтон)

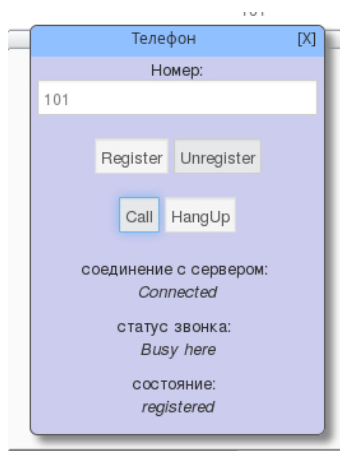


Рисунок 5.7. Вызываемый абонент занят

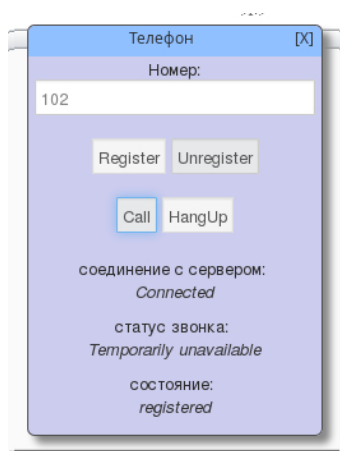


Рисунок 5.8. Вызываемый абонент недоступен

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. WebRTC, Flash RTMFP, Java Applet – три ведущих технологии для браузерных VoIP звонков [Электронный ресурс], CNews Клуб. — URL: http://club.cnews.ru/blogs/entry/webrtc_flash_java_ (дата обращения: 16.06.2016).
2. WebRTCElectronic resource, WebRTC. — URL: <https://sites.google.com/site/webrtc/home> (online; accessed: 16.06.2016).
3. Всё, что вы хотели знать о протоколе SIP [Электронный ресурс], Системный администратор. — URL: <http://samag.ru/archive/article/2017> (дата обращения: 16.06.2016).
4. Bergkvist Adam, Burnett Daniel C., Jennings Cullen et al. WebRTC 1.0: Real-time Communication Between BrowsersElectronic resource // Internet Requests for Comments, W3C. — 2016. — May. — URL: <https://www.w3.org/TR/2016/WD-webrtc-20160531/> (online; accessed: 16.06.2016).
5. World's first HTML5 SIP clientElectronic resource, Doubango Telecom. — URL: <https://www.doubango.org/sipml5/> (online; accessed: 19.06.2016).
6. the JavaScript SIP library JsSIPElectronic resource, JsSIP. — URL: <http://jssip.net/> (online; accessed: 19.06.2016).
7. Digium, Inc. — Asterisk WebRTC Support. — URL: <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Asterisk+WebRTC+Support> (online; accessed: 19.06.2016).

8. vtigerCRM Data Model. — URL: https://www.vtiger.com/products/crm/docs/510/vtigerCRM_DataModel_5.2.1.pdf (online; accessed: 19.06.2016).