

УДК 621.391

ЭМУЛЯЦИЯ КОРПОРАТИВНОЙ IP-ТЕЛЕФОНИИ НА ОСНОВЕ OPENSOURCE-ПРИЛОЖЕНИЙ

Д.В. ВОЛЧЕНКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 25 апреля 2016

Рассмотрены характерные особенности и проблемы межсетевого взаимодействия терминальных VoIP-устройств с виртуальными цифровыми АТС, произведена проверка возможности диагностики и отладки их работы в сети в результате анализа серверных лог-файлов и трафика в хостовой ОС. Установлены условия стабильной работы OpenSource-приложений и систем, на основе которых может производиться развертывание цифровых АТС в виртуальной среде, управляемой гипервизором.

Ключевые слова: IMS, OpenSource, АТС, виртуальная система, гипервизор, диагностика, сеть, анализ трафика.

Введение

Для современных телефонных сетей характерен практически полностью завершённый переход к пакетному методу передачи голосовых данных. Несмотря на многочисленные преимущества IP-систем, следующие из объединения трафика в универсальных конвергентных сетях, включающих в себя телефонию, Интернет и телевидение на базе Triple Play подхода, для них также характерны специфические проблемы, связанные с необходимостью тонкой настройки на сетевом оборудовании QoS-параметров и оптимизации маршрутов для передачи голосового трафика. QoS учитывает такие характеристики потока, как джиттер, задержку, потери пакетов.

В конвергентных сетях также характерно применение унифицированного телекоммуникационного оборудования, в котором основные функции разделения и обработки трафика различных типов выполняет в большей степени программный, чем аппаратный комплекс. Чрезвычайно распространёнными являются виртуальные решения: как коммерческие SaaS, так и локальные, представляющие собой производительные аппаратные платформы со специфическими интерфейсами, например, для подключения BRI или E-карт.

Системы IMS предъявляют такие же базовые требования к сетевой инфраструктуре, как и обычные компьютерные сети. Множество специфических протоколов IMS, таких как SIP, RTP, SDP работают на прикладном уровне и подразумевают существование в сети поддержки базовой адресации, маршрутизации, а также систем хранения данных и протоколов доступа к файлам, например, для взаимодействия терминальных телефонных устройств с сервером, для получения информации о назначенном номере, линиях, а также голосовых шлюзах.

При отладке работоспособности современных телекоммуникационных систем важную роль имеет способ снятия и анализа трафика, проходящего в сети. Существует множество средств захвата трафика – от отдельных программно-аппаратных комплексов, до пользовательских диагностических утилит, позволяющих с достаточной точностью и подробностью показывать пользователю процессы взаимодействия устройств в сети через по пакетный анализ трейсов. Такие утилиты находят широкое применение в компаниях, не специализирующихся на те-

лекоммуникационных услугах, однако использующих VoIP-системы для внутренних нужд и требующих достаточного уровня качества голосовых сервисов.

На любом предприятии себестоимость товара или услуги формируется с учетом затрат на его производство, в том числе косвенных, поэтому компании в странах со строгим законодательством относительно лицензионного ПО стараются с целью снижения затрат на ИТ-инфраструктуру в производстве использовать ПО, распространяемое под лицензией Open-Source.

Целью работы является эмуляция сетевой инфраструктуры предприятия с собственной IP телефонной системой с использованием OpenSource-приложений в качестве серверной платформы на базе гипервизора, а также бесплатных диагностических средств анализа трафика для изучения технологий межсетевого взаимодействия IMS различных масштабов.

Выбор гипервизора, гостевой системы и IP АТС

В качестве тестовой топологии для простоты развертывания АТС и вспомогательной инфраструктуры выбрана схема с сервером, коммутатором, а также двумя IP-телефонами (рис. 1).

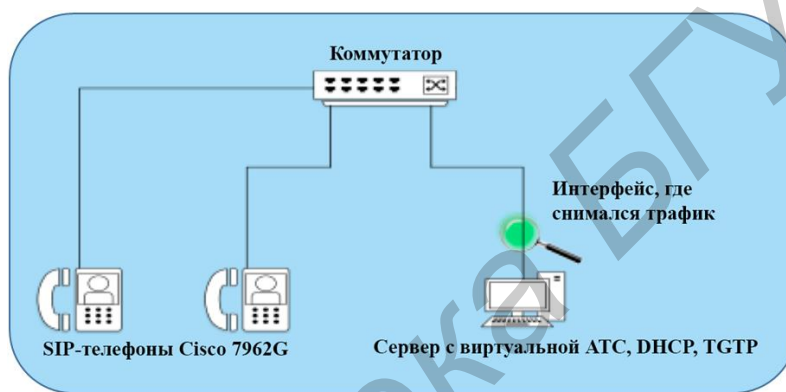


Рис. 1. Топология сетевой инфраструктуры

В качестве сервера использован ПК со следующими характеристиками: процессор Intel Core 2 Duo 2,1 ГГц, 1 Гб ОЗУ. Коммутатор – D-Link DES3526, телефоны Cisco 7962G. Все настройки проводились на стороне сервера, коммутатор и телефоны выступали в качестве пассивных устройств.

Ввиду распространенности ОС Windows 7 на ПК она использовалась как базовая хостовая система, на которую устанавливался бесплатный гипервизор 2 типа VirtualBox (рис. 2).

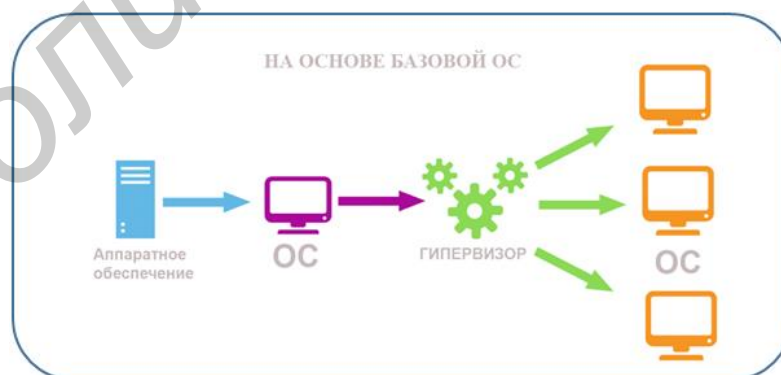


Рис. 2. Схема установки гостевой виртуальной ОС с серверной частью VoIP системы

Учитывая распространенность в промышленных решениях предустановленных и готовых к настройке вспомогательных для IP-телефонии пакетов с DHCP, TFTP, NTP для работы в сетевых окружениях в качестве дистрибутива выбран CentOS Linux. Из схожих соображений в качестве цифровой АТС выбрана Asterisk с возможностью графического конфигурирования FreePBX (рис. 3).

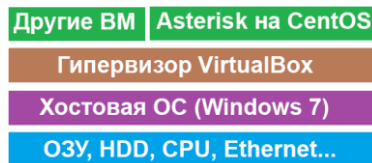


Рис. 3. Архитектура сервера

Создание сервера и конфигурационных файлов для IP-телефонов

В гипервизоре VirtualBox существует несколько вариантов подключения гостевых ОС к локальной сети: через NAT-трансляцию адреса физического адаптера хостовой машины или через взаимодействие типа «мост». Первый способ не эффективен для приложений реального времени ввиду задержек и трудностей в трансляции адресов и портов для голосового RTP-трафика, приводящим к потере голосовых портов при трансляциях. Поэтому выбран режим моста, в котором виртуальный сервер посредством гипервизора имеет прозрачное подключение к коммутатору через Ethernet-порт хостовой машины, что исключило необходимость в NAT (рис. 4).



Рис. 4. Подключение сервера к локальной сети

В качестве интерфейса для захвата трафика выбрал Ethernet-порт ПК с виртуальным сервером (т.к. сервер в исследуемой топологии агрегировал как сигнальную, так и голосовую составляющую соединения между телефонами).

Учитывая алгоритм загрузки телефонов, включающий в себя последовательное обнаружение DHCP-сервера DISCOVER-пакетом со специфической опцией 150, означающей запрос у сервера опционального адреса TFTP-сервера, получение адреса и шлюза, и последующее обращение к TFTP-серверу по полученному из DHCP-адресу с запросом файлов конфигурации, была проведена настройка соответствующих серверных служб в гостевой ОС CentOS.

Произведено конфигурирование DHCP-сервера «dhcpd» с помощью следующих команд:

```
[root@server ~]# nano /etc/sysconfig/dhcpd
DHCPDARGS=eth0
[root@server ~]# nano /etc/dhcp/dhcpd.conf
option domain-name «labvoice»;
authoritative;
option domain-name-servers 192.168.1.111;
option voip-tftp-servers code 150 = ip-address;
option voip-tftp-servers 192.168.1.111;
subnet 192.168.1.0 netmask 255.255.255.0
{range dynamic-bootp 192.168.1.10 192.168.1.250;
option broadcast-address 192.168.1.255;
option routers 192.168.1.111;}
[root@server ~]# service dhcpd start
```

В результате на сервере интерфейс eth0 стал работать в режиме DHCP-сервера, назначая по запросу телефонов при загрузке IP-адрес, сообщая адрес хранилища файлов конфигурации, а также других параметров (шлюз и сервер DNS), используемых во всех прикладных окружениях.

Также произведена настройка TFTP-сервера с помощью следующих команд.

```
[root@server ~]# chkconfig xinetd on
[root@server ~]# service xinetd start
[root@server ~]# nano /etc/xinetd.d/tftp
server_args = -c -s /tftpboot -v -v -v
disable = no
[root@server ~]# mkdir /tftpboot
[root@server ~]# chmod 777 /tftpboot
[root@server ~]# service xinetd restart
```

Таким образом, создается и настраивается активный процесс TFTP-сервера «tftpd», указывающего по запросу телефонов в сети на созданную директорию /tftpboot, в которой располагаются файлы конфигурации телефонов.

Телефонные конфигурации представляют собой неизменяемые файлы прошивки, предоставляемой производителем, а также создаваемые пользователем XML-файлы, в имени которых располагается уникальный для каждого телефона MAC-адрес, по которому каждое устройство определяет следующие предназначенные для него настройки:

`<preferredCodec>g711alaw</preferredCodec>` – используемый голосовой кодек (можно несколько);

`<phoneLabel>Sofia</phoneLabel>` – имя, отображаемое на экране телефона;

`<name>6580</name>` – номер, созданный для телефона на АТС;

`<line button=«1»>` – конфигурация линии и привязка ее к кнопке;

`<featureLabel>line 1</featureLabel>` – имя линии, отображаемое на экране телефона;

`<proxy>USECALLMANAGER</proxy>`;

`<port>5060</port>`;

`<dialTemplate>dialplan.xml</dialTemplate>` – файл с информацией о маршрутизации звонков, располагающийся на сервере.

Файл dialplan.xml сконфигурирован таким образом, что после 3 секунд отсутствия набора набранная комбинация для маршрутизации передается на сервер с АТС:

```
<DIALTEMPLATE>
```

```
<TEMPLATE MATCH=«*» Timeout=«3»/>
```

```
</DIALTEMPLATE>
```

После полной настройки сервера и создания на нем необходимых файлов для загрузки телефонов создаются терминальные расширения в консоли Asterisk FreePBX для двух телефонов с указаниями номеров и имен пользователей (рис. 5).

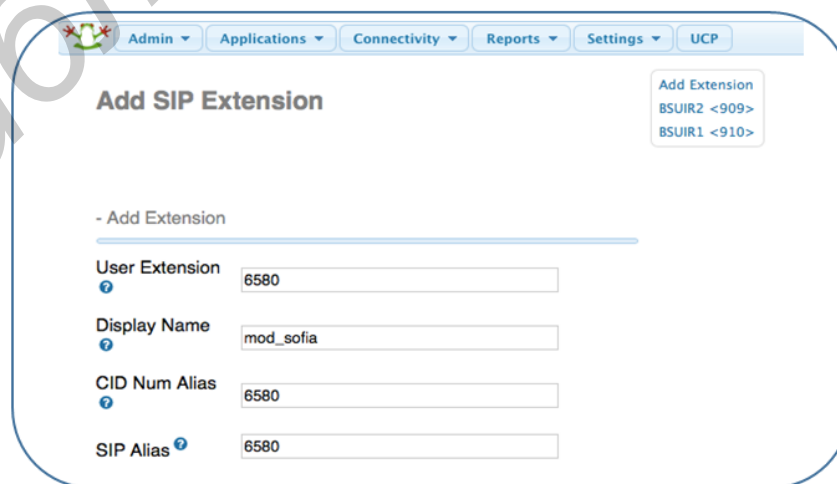


Рис. 5. Пример создания одного из телефонных расширений в Asterisk FreePBX

Отладка процедуры загрузки телефонов и совершения вызова

Так как процессы в CentOS настроены таким образом, чтобы записывать события в лог-файл, их можно проанализировать с помощью утилит cat и grep, отфильтровав вывод по имени процесса [root@server ~]# cat /var/log/messages | grep -e 'tftpd|dhcpd' (рис. 6).

```
Apr 13 20:09:59 localhost dhcpd: DHCPDISCOVER from 50:1c:bf:fc:86:30 via eth0
Apr 13 20:10:00 localhost dhcpd: DHCPOFFER on 172.22.1.12 to 50:1c:bf:fc:86:30 (SEP501CBFFC8630) via eth0
Apr 13 20:10:00 localhost dhcpd: DHCPREQUEST for 172.22.1.12 (172.22.1.1) from 50:1c:bf:fc:86:30 (SEP501CBFFC8630) via eth0
Apr 13 20:10:00 localhost dhcpd: DHCPACK on 172.22.1.12 to 50:1c:bf:fc:86:30 (SEP501CBFFC8630) via eth0
Apr 13 20:10:03 localhost in.tftpd[3267]: RRQ from 172.22.1.12 filename term62.default.loads
Apr 13 20:10:04 localhost in.tftpd[3292]: RRQ from 172.22.1.12 filename jar42sip.9-4-2TH1-1.sbn
Apr 13 20:10:14 localhost in.tftpd[3292]: RRQ from 172.22.1.12 filename cnu42.9-4-2TH1-1.sbn
Apr 13 20:10:18 localhost in.tftpd[3316]: RRQ from 172.22.1.12 filename apps42.9-4-2TH1-1.sbn
Apr 13 20:10:43 localhost in.tftpd[3317]: RRQ from 172.22.1.12 filename dsp42.9-4-2TH1-1.sbn
Apr 13 20:10:46 localhost in.tftpd[3318]: RRQ from 172.22.1.12 filename cvm42sip.9-4-2TH1-1.sbn
Apr 13 20:11:47 localhost dhcpd: DHCPREQUEST for 172.22.1.12 from 50:1c:bf:fc:86:30 (SEP501CBFFC8630) via eth0
Apr 13 20:11:47 localhost dhcpd: DHCPACK on 172.22.1.12 to 50:1c:bf:fc:86:30 (SEP501CBFFC8630) via eth0
```

Рис. 6. Вывод команды анализа лог-файла, демонстрирующий процесс DHCP DORA и загрузку файлов конфигурации

Из вывода (рис. 6) видно, как происходит процесс загрузки телефона и какие файлы на сервере запрашиваются для его работы. Таким образом, в случае проблем в локальной сети анализ лог-файлов сервера может дать исчерпывающую отладочную информацию об ошибках.

Для анализа трафика, проходящего в тестовой сети, на хостовую ОС Windows 7 установлена OpenSource-утилита Wireshark. Так как это приложение работает напрямую с сетевыми интерфейсами, трафик, который обрабатывает сервер посредством гипервизора доступен для записи и анализа в реальном времени.

При совершении тестового звонка собирается отладочная информация о сигнальных пакетах SIP (рис. 7), а также захватывается RTP-трафик со всеми характеристиками установленного соединения, такими как используемый кодек, частота дискретизации (если переменная – то средняя и отклонения), джиттер, потери пакетов, задержка. Кроме того, Wireshark позволяет выводить данные о временных флуктуациях в доставке пакетов в графических гистограммах и воспроизводить разговор для диагностики (рис. 8).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
3	0.	192.168.1.111	192.168.1.12	SIP/SDP	Request: INVITE sip:6580@192.168.1.12;transport=udp
4	0.	192.168.1.12	192.168.1.111	SIP	Status: 100 Trying
5	0.	192.168.1.12	192.168.1.111	SIP	Status: 180 Ringing
6	3.	192.168.1.12	192.168.1.111	SIP/SDP	Status: 200 OK
7	3.	192.168.1.111	192.168.1.12	SIP	Request: ACK sip:6580@192.168.1.12:5060;transport=udp
1904	2.	192.168.1.12	192.168.1.111	SIP	Request: BYE sip:mod_sofia@192.168.1.111:5060
1905	2.	192.168.1.111	192.168.1.12	SIP	Status: 200 OK

Рис. 7. Сигнальные пакеты в сети, отфильтрованные в выводе Wireshark в реальном времени по ключевому слову «sip»

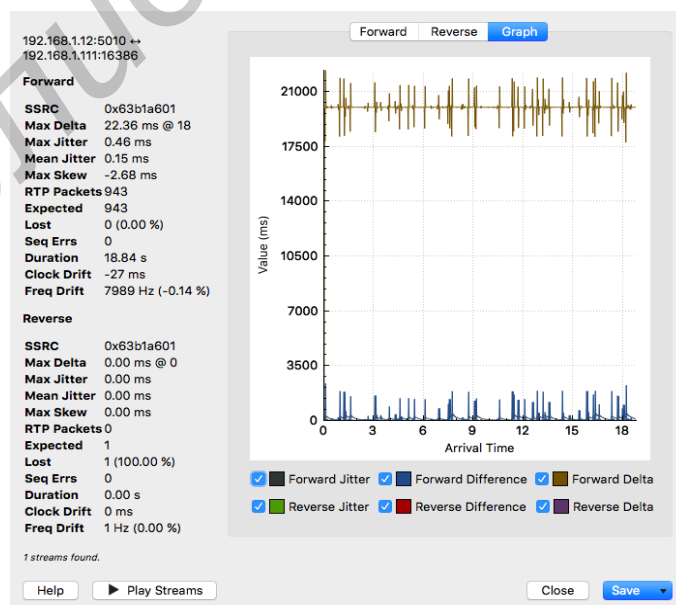


Рис. 8. Анализ прошедшей голосовой сессии средствами Wireshark

Заключение

Произведена эмуляция виртуальной IMS АТС, позволяющей исследовать протоколы цифровой телефонии SIP и RTP, логику взаимодействия IP-телефонов в локальных сетях. Проведен анализ сигнальной информации и структуры пакетов, экспериментально определены условия стабильной работы АТС Asterisk в виртуальной среде, а также возможность захвата трейсов трафика гостевых ОС на уровне хостовой системы. На стороне сервера установлена возможность использования лог-файлов для отладки межсетевое взаимодействия вспомогательных для IMS-системы протоколов.

EMULATION OF CORPORATE IP-TELEPHONY BASED ON OPENSOURCE APPLICATIONS

D.V. VOLCHENKOV

Abstract

Overview of features and issues of VoIP terminals and virtual digital ATE, their internetworking, conducted debug possibility tests of IMS via server logs and data traffic dumps analyzing under host OS is done. Work stability of OpenSource packets and systems for ATE deploying in virtual digital environment under hypervisor control is adjusted.

Keywords: IMS, OpenSource, ATS, virtual system, hypervisor, diagnostics, network, traffic analysis.

Список литературы

1. *Borocznyk T.* CentOS Bible. Hoboken, 2009.
2. *Madsen L., Bryant R., Meggelen J.V.* Asterisk: The Definitive Guide. Sebastopol, 2013.
3. Voip-info: Asterisk phone Cisco 79x1 XML configuration files for SIP. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+phone+cisco+79x1+xml+configuration+files+for+SIP>. Дата доступа: 22.04.2016.
4. Wireshark: RTP statistics. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://wiki.wireshark.org/RTP_statistics. Дата доступа: 20.05.2016.
5. Wireshark: UDP packets' jitter and delay. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ask.wireshark.org/questions/12837/udp-packets-jitter-and-delay>. Дата доступа: 22.04.2016.