МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**
Кафедра теоретических основ компьютерной безопасности и криптографии

ОБНАРУЖЕНИЕ СЕТЕВОГО P2P ТРАФИКА

КУРСОВАЯ РАБОТА

студента 3 курса 331 группы
направления 10.05.01 — Компьютерная безопасность
факультета КНиИТ
Стаина Романа Игоревича

Научный руководитель
доцент _____ А. В. Гортинский

Заведующий кафедрой
д. ф.-м. н., доцент _____ М. Б. Абросимов

Саратов 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

С развитием Интернета развивались файлообменные сети, благодаря которым появилась **P2P** (**p**eer-**to**-**p**eer) — одноранговая, децентрализованная или пиринговая сеть. Это распределённая архитектура приложения, которая разделяет задачи между узлами (peer). Узлы имеют одинаковые привилегии в приложении и образуют сеть равносильных узлов.

Узлы делают свои ресурсы, такие как вычислительная мощность, объем диска или пропускная способность напрямую доступными остальным членам сети, без необходимости координировать действия с помощью серверов. Узлы являются одновременно поставщиками и потребителями ресурсов, в отличие от стандартной клиент-сервер модели, где поставщик и потребитель ресурсов разделены. [1]

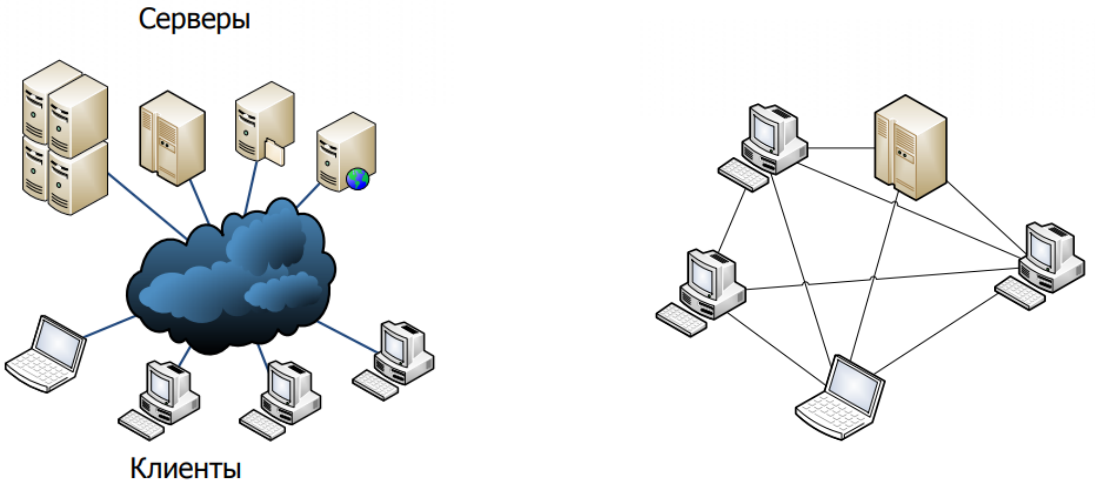
В мае 1999 года, в Интернет с более чем миллионом пользователей, Шон Фэннинг внедрил приложение файлообменник Napster. Napster стал началом P2P-сети, такой какую мы знаем её сейчас, пользователи участвуют в создании виртуальной сети, полностью независимой от физической, без администрирования и каких-либо ограничений.

Концепция вдохновила новую философию во многих областях человеческого взаимодействия. P2P-технология позволяет пользователям интернета образовывать группы и коллаборации, формируя, тем самым, пользовательские поисковые движки, виртуальные суперкомпьютеры и файловые системы. Видение Всемирной паутины Тима Бернерса-Ли было близко к P2P-сети, в том смысле, что каждый пользователь является активным создателем и редактором контента.

В тоже время, с появлением P2P появилась необходимость обнаруживать соотвествующий трафик в сети. Универсального способа обнаружения работающего P2P-приложения нет. С развитием файлообменных сетей стало затруднительно идентифицировать P2P-трафик с помощью номеров портов. Появилась необходимость исследования трафика на основании поведения узлов сети. Однако даже поведение такого трафика, его сигнатура и прочие признаки также могут изменяться со временем, поэтому все существующие методы должны обновляться и усовершенствоваться, чтобы поспевать за развитием P2P-приложений.

1 Архитектура

P2P-сеть строится вокруг понятия равноправных узлов — клиенты и серверы одинаково взаимодействуют с другими узлами сети. Такая модель построения сети отличается от модели клиент-сервер, где взаимодействие идет с центральным сервером. На рисунке 1 а) изображены архитектура клиент-сервера и б) архитектура P2P. Типичным примером передачи файла в модели клиент-сервер является File Transfer Protocol (FTP), в котором программы клиента и сервера разделены: клиент инициирует передачу, а сервер отвечает на запросы.



а) б)

Рисунок 1 – Архитектура клиент-сервера и P2P

1.1 Базовые элементы P2P-сетей

1.1.1 Узел P2P-сети

Узел (Peer) — фундаментальный составляющие блок любой одноранговой сети. Каждый узел имеет уникальный идентификатор и принадлежит одной или нескольким группам. Он может взаимодействовать с другими узлами как в своей, так и в других группах. [2]

Виды узлов:

— **Простой узел**. Обеспечивает работу конечного пользователя, предоставляя ему сервисы других узлов и обеспечивая предоставление ресурсов пользовательского компьютера другим участникам сети.

— **Роутер**. Обеспечивает механизм взаимодействия между узлами, отделёнными от сети брандмауэрами или NAT-системами.

1.1.2 Группа узлов

Группа узлов — набор узлов, сформированный для решения общей задачи или достижения общей цели. Могут предоставлять членам своей группы такие наборы сервисов, которые недоступны узлам, входящим в другие группы.

Группы узлов могут разделяться по следующим признакам:

- приложение, ради которого они объединены в группу;
- требования безопасности;
- необходимость информации о статусе членов группы.

1.1.3 Сетевой транспорт

Конечные точки (Endpoints) — источники и приёмники любого массива данных передаваемых по сети.

Пайпы (Pipes) — однонаправленные, асинхронные виртуальные коммуникационные каналы, соединяющие две или более конечные точки.

Сообщения — контейнеры информации, которая передаётся через пайп от одной конечной точки до другой.

1.2 Маршрутизация

P2P относят к прикладному уровню сетевых протоколов, а P2P-сети обычно реализуют некоторую форму виртуальной (логической) сети, наложенную поверх физической, то есть описывающей реальное расположение и связи между узлами, сети, где узлы образуют подмножество узлов в физической сети. Данные по-прежнему обмениваются непосредственно над базовой TCP/IP сетью, а на прикладном уровне узлы имеют возможность взаимодействовать друг с другом напрямую, с помощью логических связей. Наложение используется для индексации и обнаружения узлов, что позволяет системе P2P быть независимой от физической сети. На основании того, как узлы соединены друг с другом внутри сети, и как ресурсы индексированы и расположены, сети классифицируются на **неструктурированные** и **структурированные** (или как их **гибрид**).

1.2.1 Неструктурированные сети

Неструктурированная P2P сеть не формирует определенную структуру сети, а случайным образом соединяет узлы друг с другом. Так как не существует глобальной структуры формирования сети, неструктурированные сети легко организуются и доступны для локальных оптимизаций. Кроме того, поскольку

роль всех узлов в сети одинакова, неструктурированные сети являются весьма надежными в условиях, когда большое количество узлов часто подключаются к сети или отключаются от нее.

Однако, из-за отсутствия структуры, возникают некоторые ограничения. В частности, когда узел хочет найти нужный фрагмент данных в сети, поисковый запрос должен быть направлен через сеть, чтобы найти как можно больше узлов, которые обмениваются данными. Такой запрос вызывает очень высокое количество сигнального трафика в сети, требует высокой производительности, и не гарантирует, что поисковые запросы всегда будут решены.

1.2.2 Структурированные сети

В структурированных P2P сетях наложение организуется в определенную топологию, и протокол гарантирует, что любой узел может эффективно участвовать в поиске файла или ресурса, даже если ресурс использовался крайне редко.

Наиболее распространенный тип структурированных сетей P2P реализуется распределенными хэш-таблицами (DHT), в котором последовательное хеширование используется для привязки каждого файла к конкретному узлу. Это позволяет узлам искать ресурсы в сети, используя хэш-таблицы, хранящих пару ключ-значение, и любой участвующий узел может эффективно извлекать значение, связанное с заданным ключом.

Тем не менее, для эффективной маршрутизации трафика через сеть, узлы структурированной сети должны обладать списком соседей, которые удовлетворяют определенным критериям. Это делает их менее надежными в сетях с высоким уровнем оттока абонентов (т.е. с большим количеством узлов, часто подключающихся к сети или отключающихся от нее).

1.2.3 Гибридные модели

Гибридные модели представляют собой сочетание P2P сети и модели клиент-сервер. Гибридная модель должна иметь центральный сервер, который помогает узлам находить друг друга. Есть целый ряд гибридных моделей, которые находят компромисс между функциональностью, обеспечиваемой структурированной сетью модели клиент-сервер, и равенством узлов, обеспечиваемой чистыми одноранговыми неструктурированными сетями. В настоящее время гибридные модели имеют более высокую производительность, чем чисто неструк-

турированные или чисто структурированные сети.

1.3 Безопасность

Как и любой другой форме программного обеспечения, P2P-приложения могут содержать уязвимости. Особенно опасно для P2P программного обеспечения, является то, что P2P приложения действуют и в качестве серверов и в качестве клиентов, а это означает, что они могут быть более уязвимы для удаленных эксплоитов.

1.3.1 Маршрутизационные атаки

Поскольку каждый узел играет роль в маршрутизации трафика через сеть, злоумышленники могут выполнять различные «маршрутизационные атаки», или атаки отказа в обслуживании. Примеры распространенных атак маршрутизации включают в себя «неправильная маршрутизация поиска», когда вредоносные узлы преднамеренно пересылают запросы неправильно или возвращают ложные результаты, «неправильная маршрутизация обновления», когда вредоносные узлы изменяют таблицы маршрутизации соседних узлов, посылая им ложную информацию, и «неправильная маршрутизация разделения сети», когда новые узлы подключаются через вредоносный узел, который помещает новичков в разделе сети, заполненной другими вредоносными узлами.

1.3.2 Поврежденные данные и вредоносные программы

Распространенность вредоносных программ варьируется между различными протоколами одноранговых сетей. Исследования, анализирующие распространение вредоносных программ по сети P2P обнаружили, например, что 63% запросов на загрузку по сети Limewire содержали некоторую форму вредоносных программ, в то время как на OpenFT только 3% запросов содержали вредоносное программное обеспечение. Другое исследование анализа трафика в сети Kazaa обнаружили, что 15% от 500 000 отобранных файлов, были инфицированы одним или несколькими из 365 различных компьютерных вирусов.

Поврежденные данные также могут быть распределены по P2P-сети путем изменения файлов, которые уже были в сети. Например, в сети FastTrack, RIAA удалось внедрить фальшивые данные в текущий список загрузок и в уже загруженные файлы (в основном файлы MP3). Файлы, инфицированные вирусом RIAA были непригодны впоследствии и содержали вредоносный код.

Следовательно, P2P-сети сегодня внедрили огромное количество механизмов безопасности и проверки файлов. Современное хеширование, проверка данных и различные методы шифрования сделали большинство сетей, устойчивыми к практически любому типу атак, даже когда основные части соответствующей сети были заменены фальшивыми или нефункциональными узлами.

1.4 Отказоустойчивость и масштабируемость сети

Децентрализованность P2P сетей повышает их надежность, так как этот метод взаимодействия устраняет ошибку единой точки разрыва, присущую клиент-серверным моделям. С ростом числа узлов, объем трафика внутри системы увеличивается, масштаб сети также увеличивается, что приводит к уменьшению вероятности отказа. Если один узел перестанет функционировать должным образом, то система в целом все равно продолжит работу. В модели клиент-сервер, с ростом количества пользователей, уменьшается количество ресурсов выделяемых на одного пользователя, что приводит к риску возникновения ошибок.

1.5 Распределенное хранение и поиск

Возможность резервного копирования данных, восстановление и доступность приводят как и к преимуществам, так и к недостаткам P2P сетей. В централизованной сети, только системный администратор контролирует доступность файлов. Если администраторы решили больше не распространять файл, его достаточно удалить с серверов, и файл перестанет быть доступным для пользователей. Другим словами, клиент-серверные модели имеют возможность управлять доступностью файлов. В P2P сети, доступность контента определяется степенью его популярности, так как поиск идет по всем узлам, через которые файл проходил. То есть, в P2P сетях нет централизованного управления, как системный администратор в клиент-серверном варианте, а сами пользователи определяют уровень доступности файла.

2 Применение P2P

В P2P сетях, пользователи передают и используют контент сети. Это означает, что в отличие от клиент-серверных сетей, скорость доступа к данным возрастает с увеличением числа пользователей, использующих этот контент. На этой идее построен протокол Bittorrent — пользователи скачавшие файл, становятся узлами и помогают другим пользователям скачать файл быстрее. Эта особенность является главным преимуществом P2P сетей.

Множество файлообменных систем, таких как Gnutella, G2 и eDonkey популяризовали P2P технологии:

- Пиринговые системы распространения контента.
- Пиринговые системы обслуживания, например повышение производительности, в частности Correli Caches.
- Публикация и распространение программного обеспечения (Linux, видеоигры).

В связи децентрализованностью доступа к данным в P2P сетях возникает проблема нарушения авторских прав. Компании, занимающиеся разработкой P2P приложений часто принимают участие в судебных конфликтах. Самые известные судебные дела это Grokster против RIAA и MGM Studios, Inc. против Grokster Ltd., где в обоих случаях технологии файлообменных систем признавались законными.

3 Способы обнаружения P2P трафика

3.1 Анализ портов

Многие P2P-приложения работают на определённых портах. Некоторые из таких указаны в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Список наиболее известных портов, используемых P2P-протоколами

Протоколов	Номера TCP/UDP портов
BitTorrent	6881-6999
Direct Connect	411, 412, 1025-32000
eDonkey	2323, 3306, 4242, 4500, 4501, 4661-4674, 4677, 4678, 4711, 4712, 7778
FastTrack	1214, 1215, 1331, 1337, 1683, 4329
Yahoo	5000-50010, 5050, 5100
Napster	5555, 6257, 6666, 6677, 6688, 6699-6701
MSN	1863, 6891-6901
MP2P	10240-20480, 22321, 41170
Kazaa	1214
Gnutella	6346, 6347
ARES Galaxy	32285
AIM	1024-5000, 5190

Для реализации данного метода достаточно обнаружить в сетевом трафике соединения, использующие такие порты. Очевидно, что данный способ легко реализовать, однако он имеет недостатки. Во-первых, многие приложения могут использовать случайные порты, или же пользователь может сам выбрать номер порта. Во-вторых, такие порты могут использоваться не P2P-приложениями и наоборот, P2P-приложения могут использовать номера портов известных приложений, например, 80 или 443 порты — HTTP и HTTPS. Так, в работе [4] приведены результаты, которые показывают, что зачастую на основе данного метода можно определить лишь 30% P2P трафика.

3.2 Анализ сигнатур

Суть этого способа заключается в мониторинге трафика, проходящего через сеть, на предмет обнаружения определенных **сигнатур**, специфичных для P2P-приложений, в полезной нагрузке пакетов [5]. Сетевая сигнатура — набор данных, которые необходимо найти в трафике. Это могут быть IP-адреса, порты,

флаги (например, протокола TCP) и так далее. Многие современные коммерческие и свободно распространяемые решения для обнаружения P2P трафика основаны на этом методе. Например, система предотвращения вторжений Snort предоставляет возможность создавать набор правил, включающих информацию о характеристиках транспортного уровня и содержимом полезной нагрузки пакетов для различных приложений.

Особенности данного метода:

— Необходимо постоянное обновление базы сигнатур.
— Трафик зачастую зашифрован, что сильно затрудняет анализ.
— Поиск сигнатур на прикладном сетевом уровне очень ресурсоёмкий.

3.3 Эвристические предположения

3.3.1 TCP/UDP-эвристика

Если в течение интервала времени обнаружено, что пара адресов взаимодействует и по TCP-, и по UDP-протоколу, то они предположительно участвуют в P2P-обмене.

3.3.2 IP/Port-эвристика

Ещё одной особенностью P2P является тот факт, что при обращении к паре { IP-назначения, порт-назначения } количество адресов источников практически совпадает с количеством портов источников. Подобное поведение характерно, например, для сигнального взаимодействия с раздающим данные BitTorrent-клиентом. Однако стоит отметить, что такое поведение характерно не только для P2P.

4 Идентификация BitTorrent

В работе [6] предложен алгоритм, который основывается на четырёх критериях.

4.1 Подключенные IP-адреса

Первый критерий основан на IP/Port-эвристике. Хосты BitTorrent всегда подключены ко многим IP-адресам. Под подключенными IP-адресами понимается, что они передали друг другу хотя бы по одному TCP-пакету. В BitTorrent это может быть необходимо для подключения к раздаче и передачи особенных сообщений (choke, have, keepalive). Причём каждый пир (участник) пытается поддерживать не менее 20 пиров, следовательно, каждый пир периодически отправляет несколько TCP-пакетов на один и тот же набор IP-адресов.

4.2 Передача данных

BitTorrent разбивает исходные файлы на небольшие части, поэтому пользователи могут скачивать разные файлы от разных пользователей. Это можно определить по значимому соотношению активных передач. Под активной передачей подразумевается хотя бы 5 больших TCP-пакетов, т.е. размер пакета должен быть примерно равен *MTU* (максимальная единица передачи). В Ethernet это около 1500 байт. Передача пакетов максимального размера необходима для того, чтобы их количество было минимальным для передачи файла.

Однако пиры BitTorrent не всегда одновременно обмениваются данными между собой. Это связано с *алгоритмом дросселирования* (*choke*). Этот алгоритм выбирает соседей, которым будут раздаваться или с которых будут скачиваться файлы. В любой момент времени пир загружает данные не более, чем с 4 пиров, которые обеспечивают самую высокую скорость загрузки.

4.3 Двусторонняя передача данных

Процесс выбора в алгоритме дросселирования приводит к двусторонней передаче данных. В отличие от BitTorrent, другие интернет-приложения обычно работают по схеме клиент-сервер, поэтому данные передаются только в одном направлении в определённый промежуток времени. Кроме того, в других протоколах P2P-обмена между элементами нет взаимного обмена, который заложен в алгоритме дросселирования. Пирам в этих протоколах не нужно загружать свои фрагменты другим пирам, с которых они скачивают данные.

4.4 Изменение отношений

В алгоритме дросселирования все пиры в наборе сортируются каждые 10 секунд в порядке убывания скорости загрузки данных. После сортировки локальный пир будет раздавать данные только первым четырём пирам в отсортированном списке. Учитывая, что скорость передачи довольно динамична, выбранные пиры будут часто меняться. Таким образом, пара пиров может активно передавать данные друг другу, но потом внезапно может стать неактивной. В результате хост BitTorrent может быть идентифицирован по значимому соотношению изменений IP-отношений к активным передачам.

4.5 Алгоритм

На основании четырёх критериев создаются специальные метрики, которые рассчитываются каждые 30 секунд и сравниваются с пороговым значением, чтобы определить, является ли хост пиром BitTorrent. В данном алгоритме обрабатываются только TCP-пакеты.

4.5.1 Подключения

Подсчитывается число C — количество пиров, которые общались с хостом. Если это количество будет больше или равно порогу $C_{threshold}$, то хост будет идентифицирован как BitTorrent-хост.

$$C \geq C_{threshold}$$

4.5.2 Коэффициент активной передачи

Коэффициент активной передачи хоста R_{AT} — отношение числа активных подключений AT к общему числу подключений C. Если этот коэффициент больше или равен пороговому $R_{ATthreshold}$, то хост будет идентифицирован как BitTorrent-хост.

$$R_{AT} \geq R_{ATthreshold},$$

где $R_{AT} = \frac{AT}{C}$.

4.5.3 Двусторонние передачи данных

Измеряется количество подключений $BiAT$, по которым одновременно принимаются и отправляются данные. Если это число больше или равно поро-

говому $BiAT_{threshold}$, то хост будет идентифицирован как BitTorrent-хост.

$$BiAT \geq BiAT_{threshold}$$

4.5.4 Коэффициент изменений отношений

Коэффициент изменений отношений R_{RC} — отношение числа изменений отношений RC к числу активных передач AT. Если этот коэффициент больше или равен пороговому $R_{RCthreshold}$, то хост будет идентифицирован как BitTorrent-хост.

$$R_{RC} \geq R_{RCthreshold},$$

где $R_{RC} = \frac{RC}{AT}$.

4.5.5 Точность алгоритма

Точность данного алгоритма зависит от выбранных пороговых значений. Они могут быть получены эмпирическим путём.

5 Описание программы

В данной работе был разработан **снифф**ер — анализатор сетевого трафика. Программа выводит на экран информацию о перехваченных пакетах таких сетевых протоколов как *IPv4*, *TCP* и *UDP*. Дополнительно последний вывод программы сохраняется в текстовые файлы. Программа обрабатывает трафик, проходящий через ту машину, на которой она запущена. Таким образом, в каждом перехваченном пакете будет фигурировать локальный IP-адрес машины. Важно отметить, что при анализе трафика с целью обнаружения P2P-активности данный IP-адрес игнорируется.

При запуске *window.py* создаётся **сокет** — программный интерфейс для обеспечения обмена данными между процессами. Через него проходит весь сетевой трафик на той виртуальной машине, на которой он находится.

```
1     conn = socket.socket(socket.AF_PACKET, socket.SOCK_RAW, socket.ntohs(3))
```

5.1 Функция sniff

Функция *sniff* вызывает функцию *main* из *sniffer.py*, которая передаёт информацию о пакете для вывода на экран. Эта информация сохраняется в список *out*. Затем, если в *out* был обнаружен IP-адрес, который взаимодействует с локальным адресом машины через P2P, то в вывод дополнительно заносится строка, обозначающая способ обнаружения P2P-активности. Затем информация выводится на экран и сохраняется в текстовый файл *out.txt*.

```
1  def sniff(self):
2      out = sniffer.main(conn)
3      if out:
4          for addr in sniffer.p2p_addrs:
5              if len(out) > 1:
6                  if addr in out[1]:
7                      out.insert(0, TAB_2 + 'P2P - обнаружен методом анализирования
                       ↪  потоков,')
8              elif addr in out[0]:
9                  out.insert(0, TAB_2 + 'P2P - обнаружен методом анализирования потоков,')
10
11         for addr in sniffer.p2p_addrs1:
12             if len(out) > 1:
13                 if addr in out[1]:
14                     out.insert(0, TAB_2 + 'P2P - обнаружен методом анализирования портов,')
15             elif addr in out[0]:
16                 out.insert(0, TAB_2 + 'P2P - обнаружен методом анализирования портов,')
17         time = str(datetime.now().strftime('%H:%M:%S')) + ":"
```

```
18          if time != self.last_time:
19              out.insert(0, time)
20          self.last_time = time
21
22          for s in out:
23              file.write(s + '\n')
24              self.output.insert('end', s + '\n')
25      root.after(100, self.sniff)  # сканирование каждые 0.1 сек
```

Функция *sniff* вызывает рекурсивно саму себя каждые 0.1 секунды, то есть сканирование происходит раз в 0.1 секунды. Эмпирически было установлено, что для анализирования трафика пары приложений, одно из которых взаимодействует через P2P достаточно сканировать раз в 0.2-0.3 секунды. Однако при более активном трафике сканирование следует проводить чаще, чтобы не было пакетов, которые не оказались бы перехваченными.

5.2 Функция main

Функция *main* обрабатывает информацию о пакете и сохраняет некоторые данные с помощью функции *save* в глобальные переменные. В множества *TCP_addrs* и *UDP_addrs* сохраняются IP-адреса, взаимодействующие по соответствующим протоколам. В множество *rejected* добавляются IP-адреса, которые работают на портах, перечисленных в списке *EXCEPTIONS*. Это необходимо, чтобы отсечь их при анализе потоков, поскольку их активность схожа с P2P-активностью. Например, это могут быть почтовые или *DNS* сервисы.

В словарь *dict_ipport* сохраняются пары вида { dest_ip + dest_port → объект класса IPPort }. В таких объектах сохраняется информация о различных адресах источника и различных портов источника для каждой пары адреса назначения { dest_ip + dest_port }.

```
1  def main(conn):
2  output = []
3  outline = ''
4
5  raw_data, addr = conn.recvfrom(65536)
6  dest_mac, src_mac, eth_proto, data = ethernet_frame(raw_data)
7
8  # IPv4
9  if eth_proto == 8:
10     (version, header_length, ttl, proto, src, dest, data) = ipv4_packet(data)
11
12     # TCP
```

```
13      if proto == 6:
14          src_port, dest_port, sequence, ack, flag_urg, flag_ack, \
15          flag_psh, flag_rst, flag_syn, flag_fin, data = tcp_segment(data)
16
17          outline += TAB_1 + 'TCP: ' + src + ':' + str(src_port) + ' -> ' + dest + ':' + \
18                      str(dest_port) + ', ' + str(len(data)) + ' bytes'
19          output.append(outline)
20
21          save(src, dest, src_port, dest_port)
22          check_ports(src, dest, src_port, dest_port)
23
24      # UDP
25      elif proto == 17:
26          src_port, dest_port, length, data = udp_segment(data)
27
28          outline += TAB_1 + 'UDP: ' + src + ':' + str(src_port) + ' -> ' + dest + ':' + \
29                      str(dest_port) + ', ' + str(len(data)) + ' bytes'
30          output.append(outline)
31
32          check_ports(src, dest, src_port, dest_port)
33          save(src, dest, src_port, dest_port)
34
35      check_intersection()
36
37  return output
```

5.3 Определение P2P трафика

5.3.1 Метод анализирования портов

С помощью функции *check_ports*, которая вызывается при каждом запуске *main*, проводится анализ портов. Если был обнаружен порт, который присутствует в списке *LIST_P2P*, то IP-адрес заносится в *p2p_addrs1*.

```
1  def check_ports(src, dest, src_port, dest_port):
2  if LIST_P2P.get(src_port, False) or LIST_P2P.get(dest_port, False):
3      if src != UIP:
4          p2p_addrs1.add(src)
5      else:
6          p2p_addrs1.add(dest)
```

В списке пар порт-приложение *LIST_P2P* находится информация об используемых портах некоторых P2P-приложений, а именно:

— BitTorrent;

— Direct Connect;

— eDonkey;

— FastTrack;
— Yahoo;
— Napster;
— Gnutella;
— AIM;
— Skype;
— Steam;
— Hamachi;
— Radmin VPN;

Конечно же, данный метод не даёт гарантии обнаружения и не позволяет однозначно идентифицировать приложение и тип данных, передающихся по P2P-сети.

5.3.2 Метод анализирования потоков

Данный метод реализуется в функции *find_p2p*:

```
1  def find_p2p():
2      # 1 Заполнение p2p_addrs адресами,
3      # взаимодействующими одновременно по TCP и UDP с учётом исключений
4      inter = check_intersection()
5      for addr in inter:
6          if addr not in rejected and addr != UIP:
7              p2p_addrs.add(addr)
8
9      # 2 Заполнение p2p_addrs адресами, выбранными исходя из check_p2p с учётом исключений
10     for ipport in dict_ipport:
11         ipp = dict_ipport[ipport]
12         ip = ipp.dst_ip
13         port = ipp.dst_port
14         if ipp.check_p2p() and check_exceptions(ip, port) and ip != UIP:
15             p2p_addrs.add(ip)
16
17     return p2p_addrs
```

Данная функция работает по следующему алгоритму [7]:

Шаг 1. Рассматриваются пары адресов, взаимодействующие одновременно по протоколам *TCP* и *UDP*. Если при этом *TCP/UDP*-порты не входят в список исключений *rejected*, то оба адреса заносятся в массив *p2p_addrs*.

Шаг 2. Для каждой пары адресов из *dict_ipport* проверяется, что IP-адрес не находится в списке исключений и проверяется условие — если массив различных адресов источника содержит более двух адресов, а разница между этим

массивом и массивом различных портов источника меньше двух, то считается, что пара принимает участие в P2P-деятельности.

Эти действия проводятся каждые 15 секунд с момента запуска программы.

5.4 Тестирование программы

Тестирование программы проводилось по следующей схеме: на хостовой машине с *Windows 10* была запущена виртуальная машина с помощью *Virtual Box*. На виртуальной машине *Manjaro Linux*. Между виртуальной и хостовой машиной сетевой мост с неразборчивым режимом. Программа запущена на виртуальной машине, а проверяемые P2P-приложения на хостовой (рисунок 2).

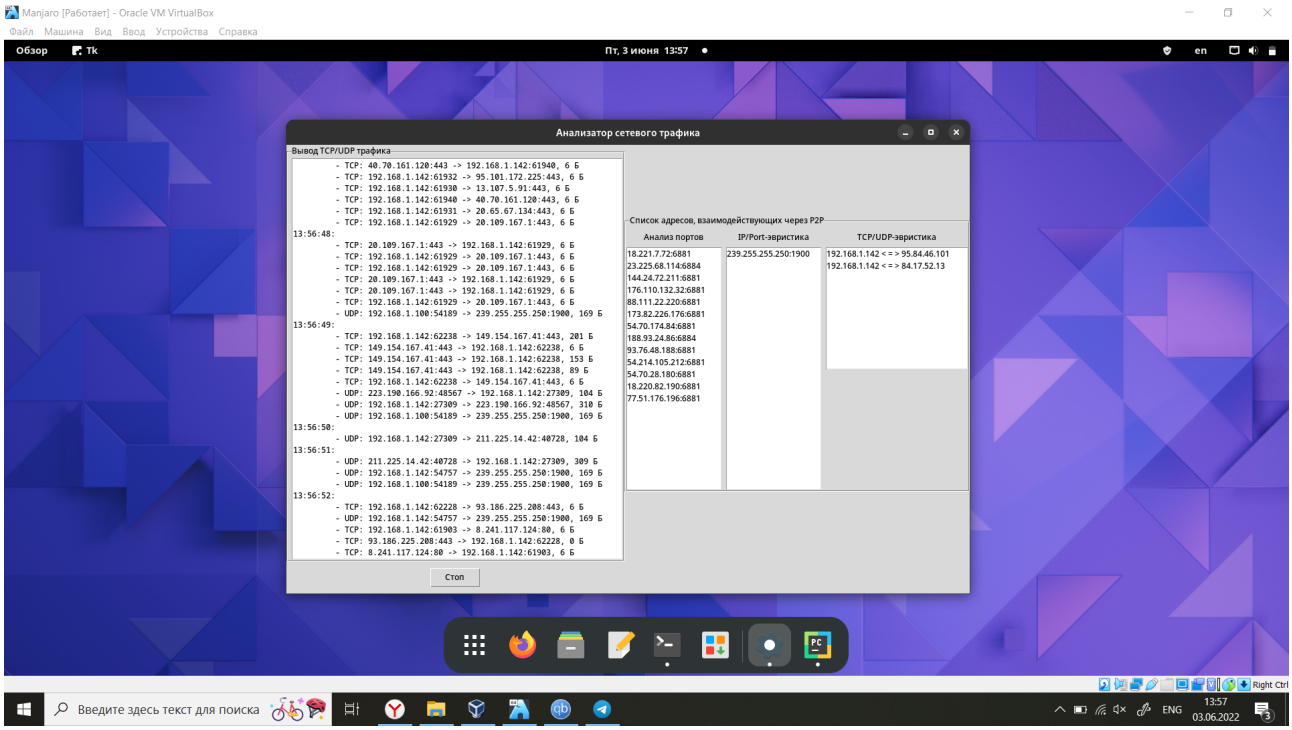


Рисунок 2 – Демонстрация схемы тестирования

5.4.1 Запуск программы при отсутствии P2P-активности

Ни на одной из машин не запущено ни одно P2P-приложение. На виртуальной машине запущено видео на *Youtube*.

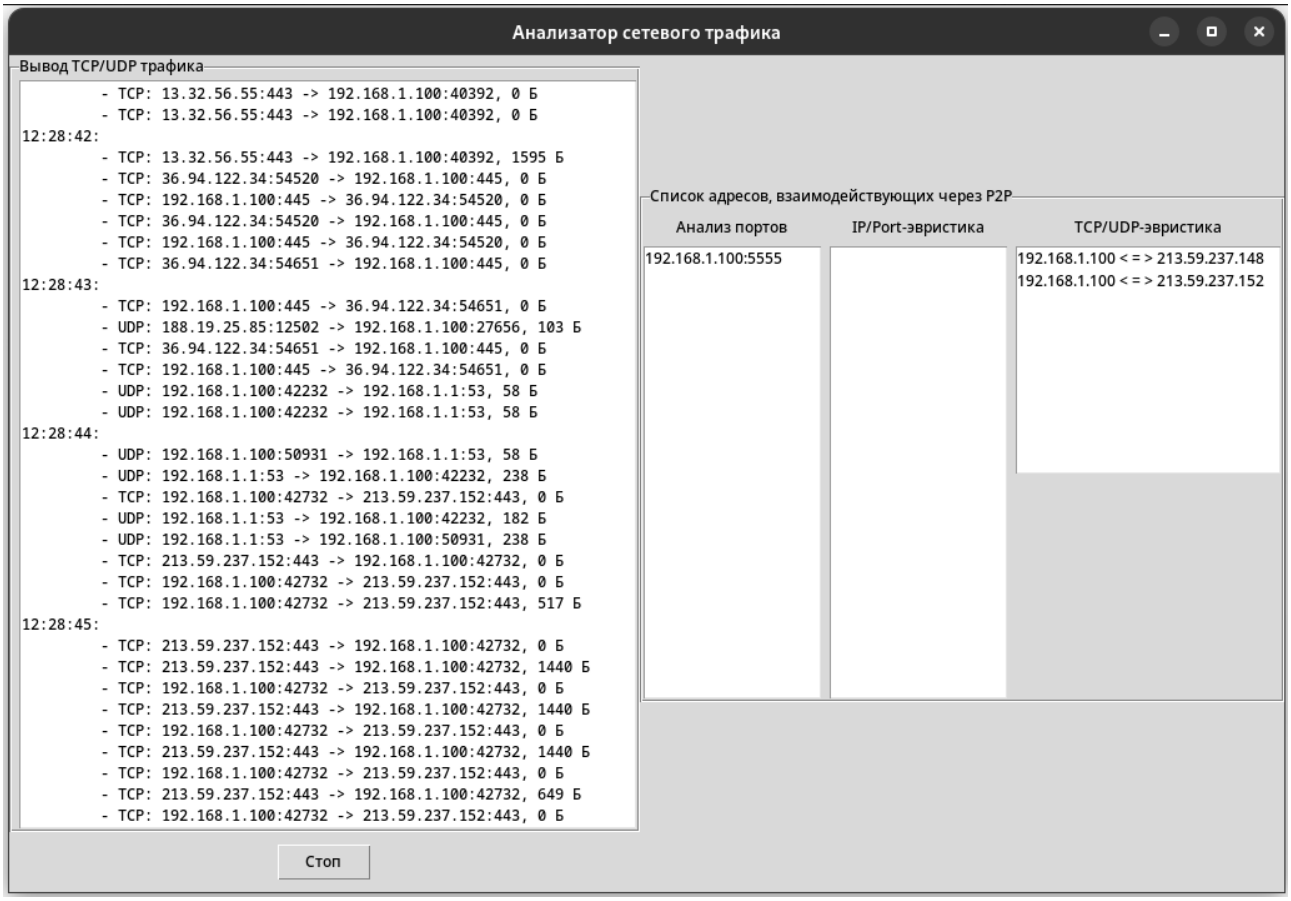


Рисунок 3 – Тестирование программы при запущенном видео на *Youtube*

На рисунке 3 видно, что присутствуют ложные срабатывания обнаружения P2P-активности. Анализ портов и TCP/UDP-эвристика дали ложный положительный результат.

Адрес 239.255.255.250:1900 обнаружен ложно, поскольку порт 1900 применяется протоколами SSDP и UPnP для обнаружения новых устройств в локальной сети. В качестве одного из методов обнаружения поддерживается M-SEARCH, подразумевающий отправку multicast-запросов по адресу 239.255.255.250. [8]

5.4.2 Запуск программы при запущенном клиенте BitTorrent

На хостовой машине запущен *qBittorrent*.

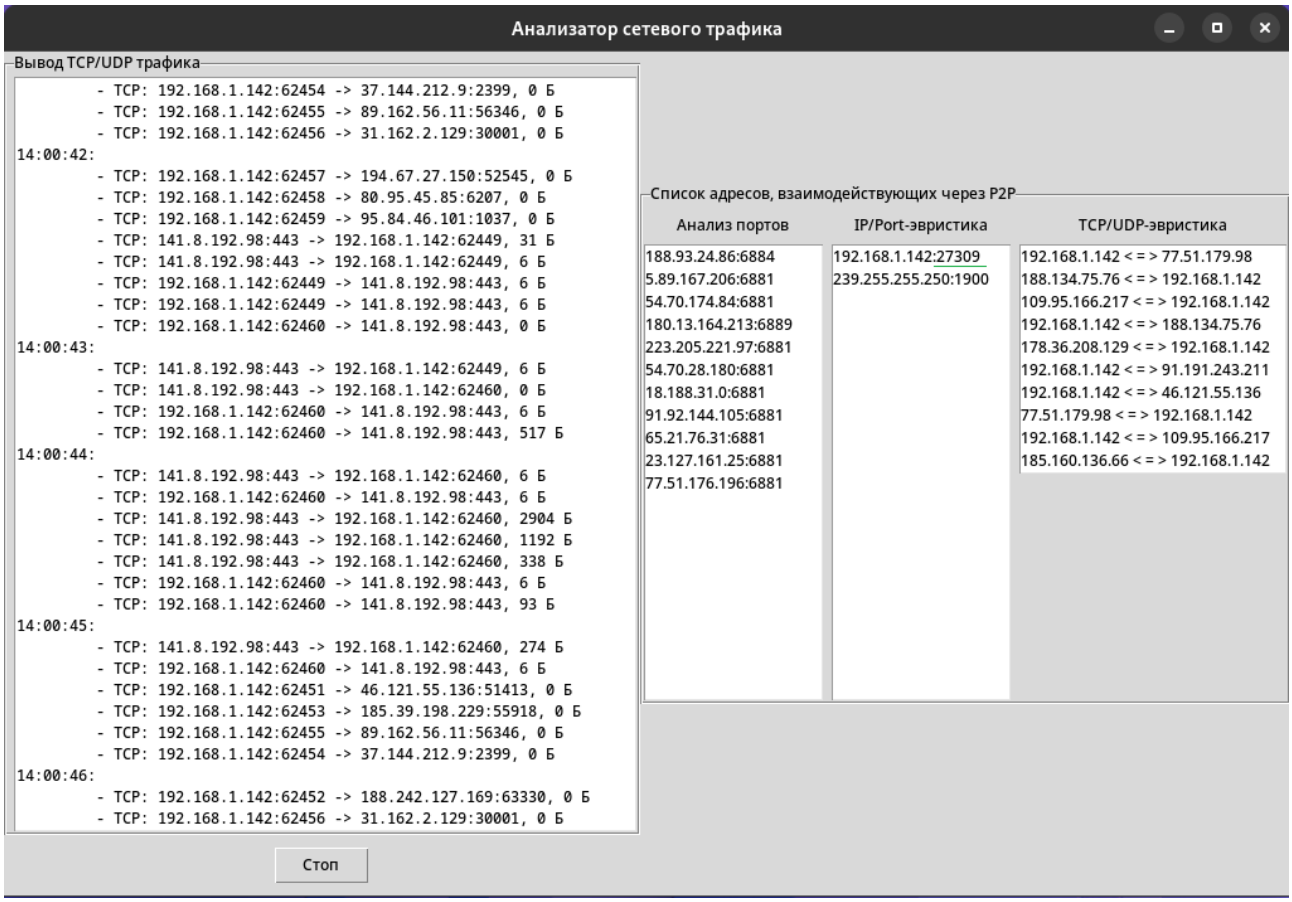


Рисунок 4 – Тестирование программы при запущенном клиенте BitTorrent

На рисунке 4 видно, что методом анализирования портов была обнаружена P2P-активность. Порты 6881-6889 относятся к Bittorrent. С помощью IP/Port-эвристики был обнаружен адрес 192.168.1.142:27309. IP данного адреса принадлежит хостовой машине, а порт является портом для входящих соединений в клиенте qBittorrent. Данный порт является случайным, поэтому методом анализирования портов его не удалось бы обнаружить. Также TCP/UDP-эвристика показывает достаточно большое количество пар адресов, между которым была обнаружена P2P-активность.

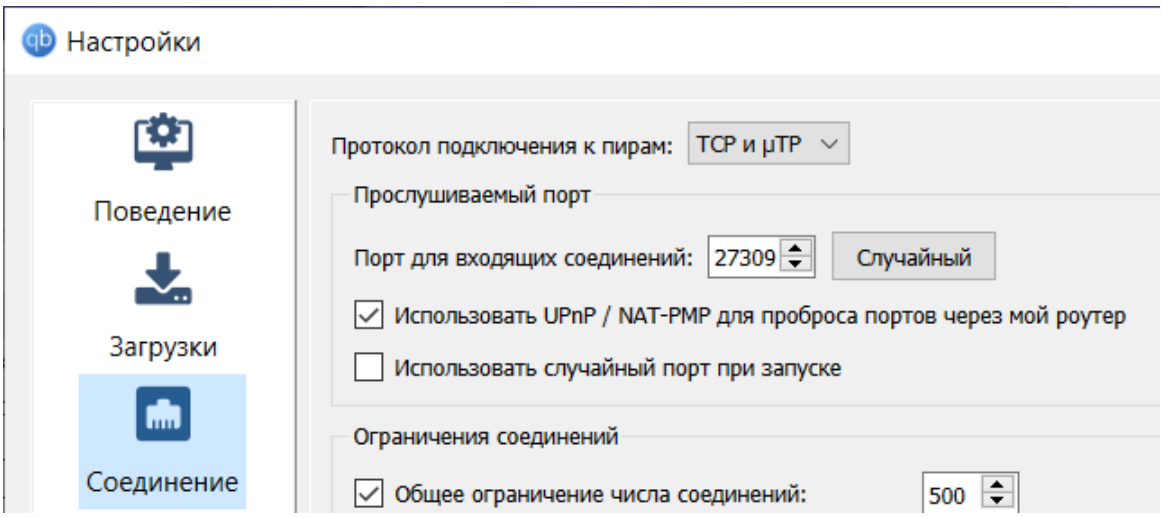


Рисунок 5 – Порт входящих соединений qBittorrent

5.4.3 Тестирование программы при запущенном аудио звонке в Skype

На хостовой машине запущен аудио звонок в Skype.

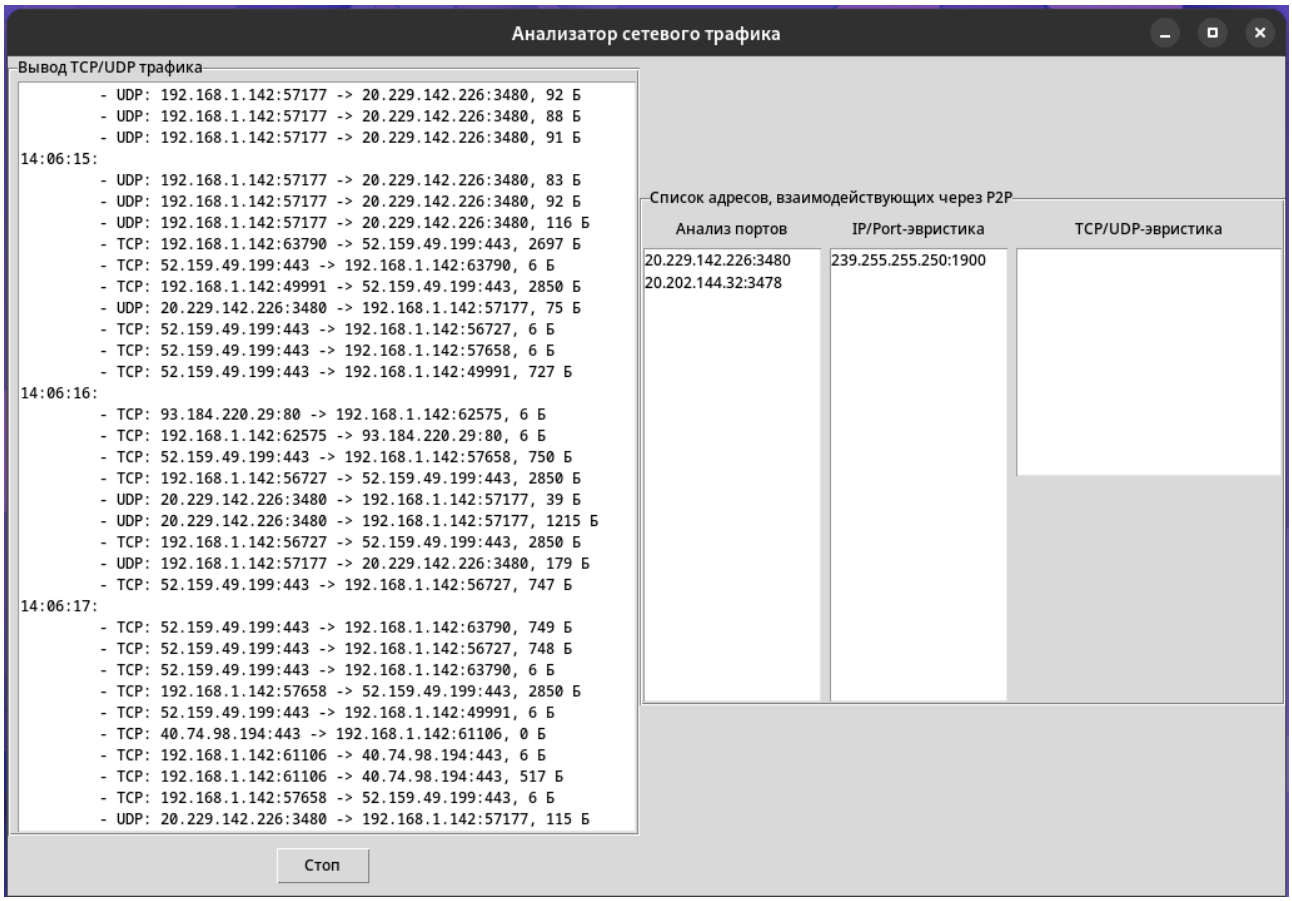


Рисунок 6 – Тестирование программы при запущенном аудио звонке в Skype

P2P-активность аудио звонка Skype легко обнаруживается с помощью анализа портов (порты 3478 и 3480), поскольку его порты не меняются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 P2P (Peer-to-Peer) [Электронный ресурс]. — URL: https://ru.bmstu.wiki/P2P_(Peer-to-Peer) (Дата обращения 24.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.

2 P2P [Электронный ресурс]. — URL: https://glebradchenko.susu.ru/courses/bachelor/odp/2013/SUSU_Distr_11_P2P.pdf (Дата обращения 24.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.

3 List of well-known ports used by various peer-to-peer (P2P) protocols. [Электронный ресурс]. — URL: https://www.researchgate.net/figure/List-of-well-known-ports-used-by-various-peer-to-peer-P2P-protocols_tbl1_347789431 (Дата обращения 25.05.2022). Загл. с экр. Яз. англ.

4 *Madhukar, A.* A longitudinal study of p2p traffic classification / A. Madhukar, C. Williamson // *Proc. of 14th IEEE International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation*. — 2012.

5 Обнаружение P2P трафика [Электронный ресурс]. — URL: https://www.securitylab.ru/analytics/240496.php (Дата обращения 24.05.2022). Загл. с экр. Яз. рус.

6 *Ngiwlay, W.* Bittorrent peer identification based on behaviors of a choke algorithm / W. Ngiwlay, C. Intanagonwiwat, Y. Teng-amnuay // *Association for Computing Machinery*. — 2008.

7 *Всеволодович, Б. С.* Диагностика p2p-активности на основе анализа потоков netflow / Б. С. Всеволодович, Щ. Н. Григорьевна // *Проблемы информатики*. — 2006.

8 Предупреждение о задействовании UPnP/SSDP в качестве усилителя DDoS-атак. [Электронный ресурс]. — URL: https://www.opennet.ru/opennews/art.shtml?num=46780 (Дата обращения 03.06.2022). Загл. с экр. Яз. рус.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Код window.py

```
1  #!/usr/bin/env python3
2  import tkinter as tk
3  from tkinter import ttk
4  import socket
5  import sniffer
6  from datetime import datetime
7  import os
8  import sys
9
10 TAB_2 = '\t * '
11
12
13 class Menu(tk.Frame):
14     def __init__(self, master):
15         super().__init__(master)
16         self.master = master
17         self.grid(row=0, column=0, sticky=tk.NSEW)
18         self.last_time = ''
19
20         self.frame_out = ttk.LabelFrame(self, text='Вывод TCP/UDP трафика')
21         self.frame_out.grid(row=0, column=0)
22
23         # self.label1 = ttk.Label(self, text='Вывод TCP/UDP трафика')
24         # self.label1.grid(row=0, column=0, pady=5)
25
26         self.output = tk.Text(self.frame_out, width=70, height=35)
27         self.output.grid(row=0, column=0, padx=(5, 0), sticky=tk.NW)
28
29         self.scroll_out = ttk.Scrollbar(self.frame_out, command=self.output.yview)
30         # self.scroll_out.grid(row=0, column=1, padx=(0, 15))
31         self.output.config(yscrollcommand=self.scroll_out.set)
32
33         self.frame = ttk.LabelFrame(self, text='Список адресов, взаимодействующих через
           ↪ P2P')
34         self.frame.grid(row=0, column=1)
35
36         self.label2 = ttk.Label(self.frame, text='Анализ портов')
37         self.label2.grid(row=0, column=0, pady=5, sticky=tk.N)
38
39         self.p2p_lb = tk.Listbox(self.frame, height=20)
40         self.p2p_lb.grid(row=1, column=0, sticky=tk.N)
41
42         self.scroll_p2p_lb = ttk.Scrollbar(self.frame, command=self.output.yview)
43         self.p2p_lb.config(yscrollcommand=self.scroll_p2p_lb.set)
44
```

```
45          self.label3 = ttk.Label(self.frame, text='IP/Port-эвристика')
46          self.label3.grid(row=0, column=1, pady=5, sticky=tk.N)
47
48          self.p2p_lb2 = tk.Listbox(self.frame, height=20)
49          self.p2p_lb2.grid(row=1, column=1, sticky=tk.N, padx=5)
50
51          self.scroll_p2p_lb2 = ttk.Scrollbar(self.frame, command=self.output.yview)
52          self.p2p_lb2.config(yscrollcommand=self.scroll_p2p_lb.set)
53
54          self.label4 = ttk.Label(self.frame, text='TCP/UDP-эвристика')
55          self.label4.grid(row=0, column=2, pady=5, sticky=tk.N)
56
57          self.p2p_lb3 = tk.Listbox(self.frame, width=30)
58          self.p2p_lb3.grid(row=1, column=2, sticky=tk.N)
59
60          self.scroll_p2p_lb3 = ttk.Scrollbar(self.frame, command=self.output.yview)
61          self.p2p_lb3.config(yscrollcommand=self.scroll_p2p_lb.set)
62
63          self.stop_btn = ttk.Button(self, text='Стоп', command=self.stop)
64          self.stop_btn.grid(row=1, column=0, pady=(10, 10))
65
66          self.call_sniff()
67          self.call_find_p2p()
68
69      def call_sniff(self):
70          out = sniffer.sniff(conn)
71          if out:
72              # Вывод времени
73              time = str(datetime.now().strftime('%H:%M:%S')) + ": \n"
74              if time != self.last_time:
75                  self.output.insert('end', time)
76                  file.write(time)
77              self.last_time = time
78
79              # Вывод информации о пакете
80              for s in out:
81                  file.write(s)
82                  self.output.insert('end', s)
83              file.write('\n')
84              self.output.insert('end', '\n')
85
86          root.after(100, self.call_sniff)  # сканирование каждые 0.1 сек
87
88      def call_find_p2p(self):
89          sniffer.find_p2p()
90          self.p2p_lb.delete(0, 'end')
91          self.p2p_lb2.delete(0, 'end')
92          self.p2p_lb3.delete(0, 'end')
```

```
93          for addr in sniffer.p2p_pairs_p:
94              self.p2p_lb.insert('end', addr[0] + ":" + str(addr[1]))
95          for addr in sniffer.p2p_pairs_ipp:
96              self.p2p_lb2.insert('end', addr[0] + ":" + str(addr[1]))
97          for addrs in sniffer.p2p_addrs:
98              self.p2p_lb3.insert('end', addrs[0] + " < = > " + addrs[1])
99          root.after(15000, self.call_find_p2p)  # обнаружение p2p методом анализирования
            ↪ потоков запускается каждые 15 секунд
100
101     def stop(self):
102         file2.write('Список IP-адресов, взаимодействующих через P2P: \n')
103
104         file2.write('Анализ портов: \n')
105         for row in self.p2p_lb.get(0, 'end'):
106             file2.write(' * ' + row + '\n')
107
108         file2.write('IP/Port-эвристика: \n')
109         for row in self.p2p_lb2.get(0, 'end'):
110             file2.write(' * ' + row + '\n')
111         file2.write('TCP/UDP-эвристика: \n')
112                 for row in self.p2p_lb3.get(0, 'end'):
113                     file2.write(' * ' + row + '\n')
114                 file2.write('Конец списка. \n')
115
116                 root.destroy()
117
118 interface = 'enp0s3'
119 if len(sys.argv) > 1:
120     interface = sys.argv[1]
121
122 ret = os.system("ip link set {} promisc on".format(interface))
123
124 conn = socket.socket(socket.AF_PACKET, socket.SOCK_RAW, socket.ntohs(3))
125 conn.bind((interface, 0))
126
127 # В файл сохраняется последний вывод программы
128 file = open('out.txt', 'w+')
129 # Список IP-адресов, взаимодействующих через P2P
130 file2 = open('ip_list.txt', 'w+')
131
132 root = tk.Tk()
133 root.title("Анализатор сетевого трафика")
134 menu = Menu(root)
135 root.mainloop()
136 file2.close()
137 file.close()
138 conn.close()
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Код sniffer.py

```
1  import socket
2  import struct
3  import textwrap
4
5  # Отступы для вывода информации
6  TAB_1 = '\t - '
7
8  # Список пар порт-приложение
9  LIST_P2P = {6881: 'BitTorrent', 6882: 'BitTorrent', 6883: 'BitTorrent', 6884:
   ↪  'BitTorrent', 6885: 'BitTorrent',
10             6886: 'BitTorrent', 6887: 'BitTorrent', 6888: 'BitTorrent', 6889:
               ↪  'BitTorrent', 6969: 'BitTorrent',
11             411: 'Direct Connect', 412: 'Direct Connect', 2323: 'eDonkey', 3306:
               ↪  'eDonkey', 4242: 'eDonkey',
12             4500: 'eDonkey', 4501: 'eDonkey', 4677: 'eDonkey', 4678: 'eDonkey', 4711:
               ↪  'eDonkey', 4712: 'eDonkey',
13             7778: 'eDonkey', 1214: 'FastTrack', 1215: 'FastTrack', 1331: 'FastTrack',
               ↪  1337: 'FastTrack',
14             1683: 'FastTrack', 4329: 'FastTrack', 5000: 'Yahoo', 5001: 'Yahoo', 5002:
               ↪  'Yahoo', 5003: 'Yahoo',
15             5004: 'Yahoo', 5005: 'Yahoo', 5006: 'Yahoo', 5007: 'Yahoo', 5008: 'Yahoo',
               ↪  5009: 'Yahoo',
16             5010: 'Yahoo', 5050: 'Yahoo', 5100: 'Yahoo', 5555: 'Napster', 6257: 'Napster',
               ↪  6666: 'Napster',
17             6677: 'Napster', 6688: 'Napster', 6699: 'Napster', 6700: 'Napster', 6701:
               ↪  'Napster',
18             6346: 'Gnutella', 6347: 'Gnutella', 5190: 'AIM', 3478: 'Skype / Steam (voice
               ↪  chat)',
19             4379: 'Steam (voice chat)', 4380: 'Steam (voice chat)', 4899: 'Radmin VPN',
               ↪  12975: 'Hamachi',
20             32976: 'Hamachi', 3479: 'Skype', 3480: 'Skype', 3481: 'Skype'}
21
22 # Список портов исключений
23 EXCEPTIONS = {137, 138, 139, 445, 53, 123, 500, 554, 7070, 6970, 1755, 5000, 5001, 6112,
   ↪  6868, 6899, 6667, 7000, 7514}
24
25 TCP_addrs = set()
26 UDP_addrs = set()
27 p2p_addrs = set()
28 p2p_addrs1 = set()
29 p2p_pairs = set()
30 p2p_pairs_p = set()
31 p2p_pairs_ipp = set()
32 rejected = set()  # адреса, не относящиеся к P2P
33 dict_ipport = dict()  # словарь вида (ip+port -> объект класса IPPort)
```

```
34
35
36  class IPPort:
37      def __init__(self, dst_ip, dst_port):
38          self.dst_ip = dst_ip
39          self.dst_port = dst_port
40          self.IPSet = set()
41          self.PortSet = set()
42          self.p2p = False
43
44      def add(self, ip, port):
45          self.IPSet.add(ip)
46          self.PortSet.add(port)
47
48      # Добавление в p2p_addrs1 адресов, которые взаимодействовали с адресами из p2p_addrs
49      def add_to_p2p_addrs1(self):
50          for addr in p2p_addrs:
51              if addr in self.IPSet and addr not in rejected:
52                  p2p_addrs1.add(addr)
53
54      # Проверка IP/Port-эвристики
55      def check_p2p(self):
56          dif = 2
57          # Если порт из списка исключений, то разница между IPSet и PortSet должна быть
            ↪  увеличена до 10
58          if self.dst_port in EXCEPTIONS:
59              dif = 10
60          if (self.dst_ip, self.dst_port) not in rejected:
61              self.p2p = len(self.IPSet) > 2 and (len(self.IPSet) - len(self.PortSet) < dif)
62          else:
63              self.p2p = False
64          return self.p2p
65
66
67  def main(conn):
68      output = ''
69      raw_data, addr = conn.recvfrom(65536)
70      dest_mac, src_mac, eth_proto, data = ethernet_frame(raw_data)
71
72      # IPv4
73      if eth_proto == 8:
74          (version, header_length, ttl, proto, src, dest, data) = ipv4_packet(data)
75
76          # TCP
77          if proto == 6:
78              src_port, dest_port, sequence, ack, flag_urg, flag_ack, \
79              flag_psh, flag_rst, flag_syn, flag_fin, data = tcp_segment(data)
80
```

```
81              output = [TAB_1, 'TCP: ', src, ':', str(src_port), ' -> ', dest,  ':',
82                       str(dest_port),  ', ',  str(len(data)), ' Б']
83
84              save(True, src, dest, src_port, dest_port)
85              check_ports(src, dest, src_port, dest_port)
86
87          # UDP
88          elif proto == 17:
89              src_port, dest_port, length, data = udp_segment(data)
90
91              output = [TAB_1, 'UDP: ', src,  ':', str(src_port), ' -> ', dest,  ':',
92                       str(dest_port),  ', ',  str(len(data)), ' Б']
93
94              check_ports(src, dest, src_port, dest_port)
95              save(False, src, dest, src_port, dest_port)
96
97      return output
98
99
100 def save(tcp, src, dest, src_port, dest_port):
101     if tcp:
102         TCP_addrs.add((src, dest))
103     else:
104         UDP_addrs.add((src, dest))
105     check_exceptions(src, dest, src_port, dest_port)
106     add_ipport(dest, dest_port, src, src_port)
107
108
109 def check_ports(src, dest, src_port, dest_port):
110     if LIST_P2P.get(src_port, False):
111         p2p_pairs_p.add((src, src_port))
112     elif LIST_P2P.get(dest_port, False):
113         p2p_pairs_p.add((dest, dest_port))
114
115
116 def add_ipport(dest, dest_port, src, src_port):
117     ipport = dest + ':' + str(dest_port)
118     if ipport not in dict_ipport:
119         x = IPPort(dest, dest_port)
120         x.add(src, src_port)
121         dict_ipport[ipport] = x
122     else:
123         dict_ipport[ipport].add(src, src_port)
124
125
126 # Добавление адресов с портами в список исключений
127 def check_exceptions(src, dest, src_port, dest_port):
128     if src_port in EXCEPTIONS \
```

```
129             or dest_port in EXCEPTIONS \
130             or (src_port == dest_port and src_port < 500):
131         rejected.add((src, src_port))
132         rejected.add((dest, dest_port))
133 
134 
135 def find_p2p():
136     global p2p_addrs_res
137 
138     # 1 Заполнение p2p_addrs адресами, взаимодействующими одновременно по TCP и UDP с учётом
        ↪ исключений
139     inter = TCP_addrs & UDP_addrs
140     for pair_addrs in inter:
141         for ipport in rejected:
142             if pair_addrs[0] != ipport[0] and pair_addrs[1] != ipport[0]:
143                 p2p_addrs.add(pair_addrs)
144 
145     # 2 Заполнение p2p_addrs адресами, выбранными исходя из check_p2p с учётом исключений
146     for ipport in dict_ipport:
147         ipp = dict_ipport[ipport]
148         ipp.add_to_p2p_addrs1()  # Заполнение массива p2p_addrs1
149         ip = ipp.dst_ip
150         port = ipp.dst_port
151         if ipp.check_p2p() and (ip, port) not in rejected:
152             p2p_pairs_ipp.add((ip, port))
153 
154 
155 # Распаковка ethernet кадра
156 def ethernet_frame(data):
157     dest_mac, src_mac, proto = struct.unpack('! 6s 6s H', data[:14])
158     return get_mac_addr(dest_mac), get_mac_addr(src_mac), socket.htons(proto), data[14:]
159 
160 
161 # Форматирование MAC-адреса
162 def get_mac_addr(bytes_addr):
163     bytes_str = map('{:02x}'.format, bytes_addr)
164     return ':'.join(bytes_str).upper()
165 
166 
167 # Распаковка IPv4 пакета
168 def ipv4_packet(data):
169     version_header_length = data[0]
170     version = version_header_length >> 4
171     header_length = (version_header_length & 15) * 4
172     ttl, proto, src, target = struct.unpack('! 8x B B 2x 4s 4s', data[:20])
173     return version, header_length, ttl, proto, ipv4(src), ipv4(target), data[header_length:]
174 
175 
```

```
176 # Форматирование IP-адреса
177 def ipv4(addr):
178     return '.'.join(map(str, addr))
179
180
181 # Распаковка TCP сегмента
182 def tcp_segment(data):
183     (src_port, dest_port, sequence, ack, offset_reserved_flags) = struct.unpack('! H H L L
        ↪ H', data[:14])
184     offset = (offset_reserved_flags >> 12) * 4
185     flag_urg = (offset_reserved_flags & 32) >> 5
186     flag_ack = (offset_reserved_flags & 16) >> 5
187     flag_psh = (offset_reserved_flags & 8) >> 5
188     flag_rst = (offset_reserved_flags & 4) >> 5
189     flag_syn = (offset_reserved_flags & 2) >> 5
190     flag_fin = offset_reserved_flags & 1
191     return src_port, dest_port, sequence, ack, \
192            flag_urg, flag_ack, flag_psh, flag_rst, flag_syn, flag_fin, data[offset:]
193
194
195 # Распаковка UDP сегмента
196 def udp_segment(data):
197     src_port, dest_port, size = struct.unpack('! H H 2x H', data[:8])
198     return src_port, dest_port, size, data[8:]
```