北京邮电大学

网络空间安全学院

软件概要设计报告

项目： 基于 DNS 流量分析的僵尸网络检测工具

组员： 王硕、彭致远、李懿飞、王晨旭

2020 年 11 月 6 日

目录

1 引言

1.1 背景

DNS 隐蔽通道，是隐蔽信道的一种，通过将其他协议封装在 DNS 协议中传输建立通信。因为在我们的网络世界中 DNS 是一个必不可少的服务，所以大部分防火墙和入侵检测设备很少会过滤 DNS 流量，这就给 DNS 作为一种隐蔽信道提供了条件，从而可以利用它实现诸如远程控制，文件传输等操作，现在越来越多的研究证明 DNS 隐蔽通道也经常在僵尸网络和 APT 攻击中扮演着重要的角色。

企业网络经常面临网络攻击者窃取有价值和敏感数据的威胁。复杂的攻击者越来越多地利用 DNS 通道来泄露数据，以及维护恶意软件的隧道 C&C（命令和控制）通信。这是因为 DNS 对于几乎所有应用程序来说都是如此重要的服务，从本地计算机到 Internet 的任何通信（不包括基于静态 IP 的通信）都依赖于 DNS 服务，限制 DNS 通信可能会导致合法远程服务的断开，因此，企业防火墙通常配置为允许 UDP 端口 53（由 DNS 使用）上的所有数据包，即 DNS 流量通常允许通过企业防火墙而无需深度检查或状态维护。从攻击者的角度来看，这使得 DNS 协议成为数据泄露地隐蔽通信通道。

DNS 这种穿透防火墙的能力为攻击者提供了一个隐蔽的通道，尽管是低速通道，通过将其他协议（例如，SSH，FTP）隧道传输到命令和控制中心，可以通过该通道泄露私有数据并保持与恶意软件的通信。现代恶意软件和网络攻击在很大程度上依赖于 DNS 服务，使其活动可靠且难以跟踪。

本项目为一种基于 DNS 流量分析的僵尸网络检测工具，提取 DNS 流量的特征，通过机器学习将流量分为恶意流量和正常流量。在 DNS 特征的提取上，利用机器学习的特征分析，筛选出重要的一些特征，过滤掉不重要的特征，通过模型的调参、完善，生成一个准确率很高的分类器。

本工具能够通过网络中的数据流量，检测出一个网络中的僵尸主机。工具应具有文件检测和实时检测的功能，并提供友好的用户交互与完善的输入输出系统。该工具应能够部署在网络边界上，有效地检测通过 DNS 隐蔽信道传递信息的主机，区分出正常主机与感染了病毒的僵尸主机，检测准确率较现有的检测工具高，误报、漏报率低，时长尽可能短，能够记录僵尸主机的活动、行为，留下检测记录。

1.2 编写目的

本概要设计说明书是基于需求说明书编写。目的在于在需求分析的基础上，结合文献调阅资料与实际情况，规定软件、硬件、技术选择，设计系统总体系统架构、总体功能模块以及各个子模块。为之后系统的详细设计以及程序编写、测试提供指导说明。

1.3 项目及范围

- 项目名称：基于 DNS 流量分析的僵尸网络检测工具
- 项目成员：北京邮电大学网络空间安全学院“网络安全分析实践”课程开发小组

- 王硕（组长）：2018213641
- 彭致远：2018213646
- 李懿飞：2018213632
- 王晨旭：2018213636

- 系统范围：具有 python2.7.9 环境的 Windows 系统计算机
- 用户：无限制
- 实现项目的计算机网络：校园网

本设计文档适用于基于 DNS 流量分析的僵尸网络检测工具项目进行系统分析、详细设计以及编码实现

1.4 读者对象和阅读建议

本说明书的预期读者为系统设计人员、软件开发人员、软件测试人员和项目评审人员。其中系统设计人员、软件开发人员、软件测试人员为小组内部成员，软件评审人员为课程老师或助教。

1.5 定义、术语和缩略语

序号	术语或缩写	解释
1	DNS	域名系统服务协议，是一种分布式网络目录服务，主要用于域名与 IP 地址的相互转换，以及控制因特网的电子邮件的发送
2	DNS 特征	用来衡量主机进行 DNS 通信过程的行为
3	DNS 指纹	根据特征工程，提取主机 DNS 通信特征，对主机行为进行了多维度标识
4	Botnet	僵尸网络，是指采用一种或多种传播手段，将大量主机感染 bot 程序（僵尸程序）病毒，从而在控制者和被感染主机之间所形成的一个可一对多控制的网络
5	僵尸主机	本文表示处于僵尸网络中的主机
6	域/域名	域名（英语：Domain Name），是由一串用点分隔的名字组成的 Internet 上某一台计算机或计算机组的名称，用于在数据传输时对计算机的定位标识
7	MX 记录	邮件交换记录（MX record)是域名系统（DNS）中的一种资源记录类型，用于指定负责处理发往收件人域

		名的邮件服务器。
8	PTR 记录	PTR 记录，是电子邮件系统中的邮件交换记录的一种；另一种邮件交换记录是 A 记录（在 IPv4 协议中）或 AAAA 记录（在 IPv6 协议中）。PTR 记录常被用于反向地址解析。
9	TLD	top level domain，顶级域名
10	SLD	second level domain，二级域名
11	DGA 域名	dga 是一种算法，作用生成随机数的。用 dga 算法生成的域名，这种域名通常硬编码在恶意软件中。

2 系统设计概述

2.1 限制和约束

受小组成员知识水平和调研结果，现列出在项目开发过程中需要准守的一些标准和规则如下：

1） 开发期限：2020 年 12 月 4 日前完成
2） 硬件限制：小组内成员设备对本项目的功能和要求没有问题
3） 编程语言：Python、HTML
4） 界面语言：尽量使用英文
5） DNS 解析工具：Python 的 dpkt 包
6） 开发工具：PyCharm2020.2.3

2.2 设计原则和设计要求

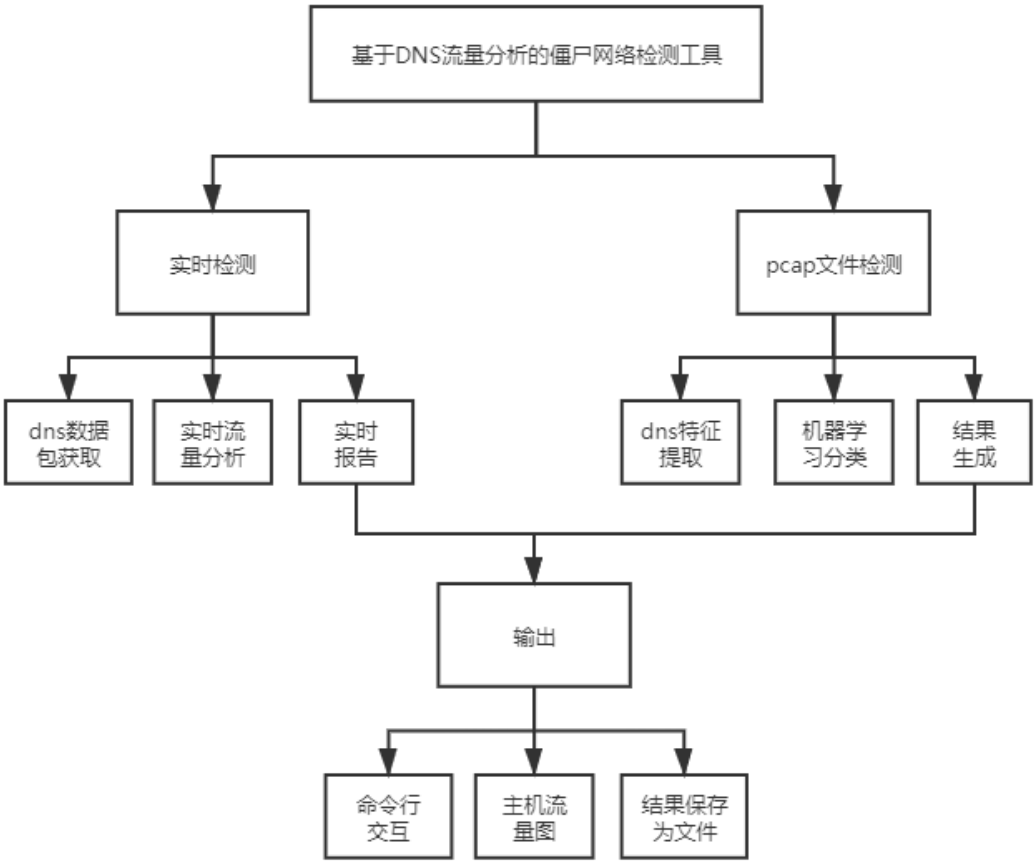
为提高小组合作效率，保证分工独立、软件的易用性、稳定性较高，本项目考虑如下设计原则和要求：

1） 命名规则：下划线分割小写字母的方式命名，如 find_abnormal_hosts()，或者以“骆驼命名法”，为以大写字母开头的英文单词的组合，如 dnsQueryCount
2） 模块独立性原则：每个模块有单独的输出，也可以被其他模块调用执行。
3） 系统容错率高：对用户输入、外界因素等做检查，防止程序出错。
4） 软件高效：优化程序的算法，降低时间复杂度，提高程序执行效率。
5） 用户友好性：提高交互性。

2.3 系统模块划分

2.3.1 系统模型

本工具的系统功能图如下所示:



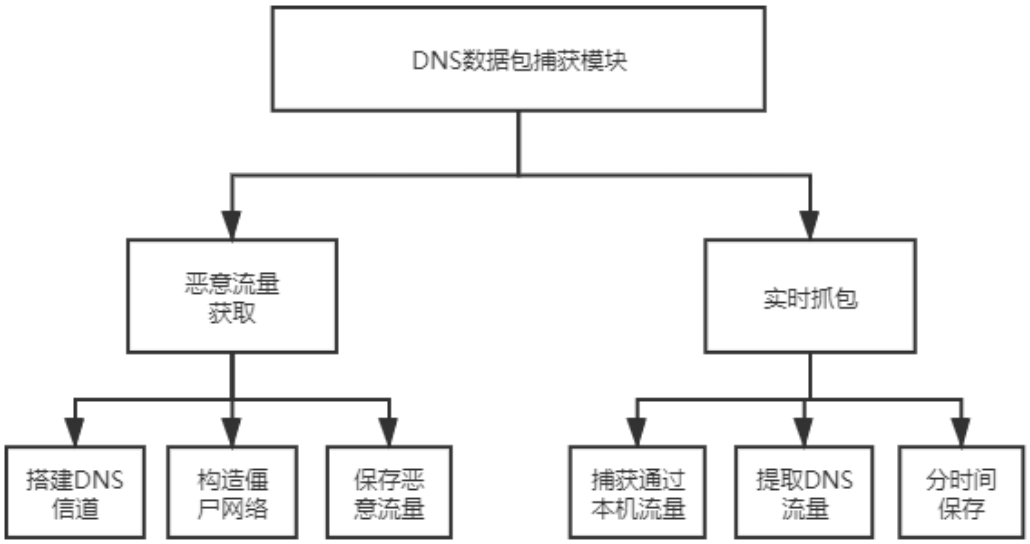
2.3.2 系统模块划分

根据系统功能图，可以将本项目划分为六个模块，分别为:

1) DNS 数据包捕获模块
2) PCAP 文件解析模块
3) DNS 指纹生成模块
4) 机器学习特征分析模块
5) 机器学习分类模块
6) 辅助输出模块

3 功能模块设计

3.1 DNS 数据包捕获模块

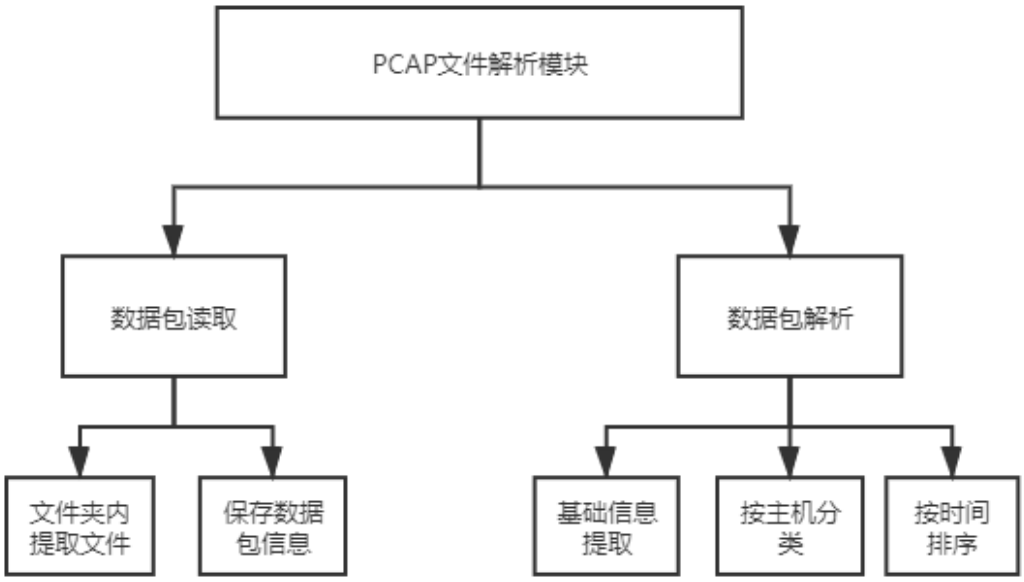


本模块的功能为获取 DNS 数据包。

一方面用于机器学习，包括获取正常的数据包和恶意的数据包。正常的数据包可以从公开流量数据集中获取，异常的数据包考虑构建一套 DNS 数据制造和收集的自动化框架，涵盖几种常见的 DNS 隧道工具（iodine/ozymandns/dns2tcp/dnscat2/Cobalt Strike）。

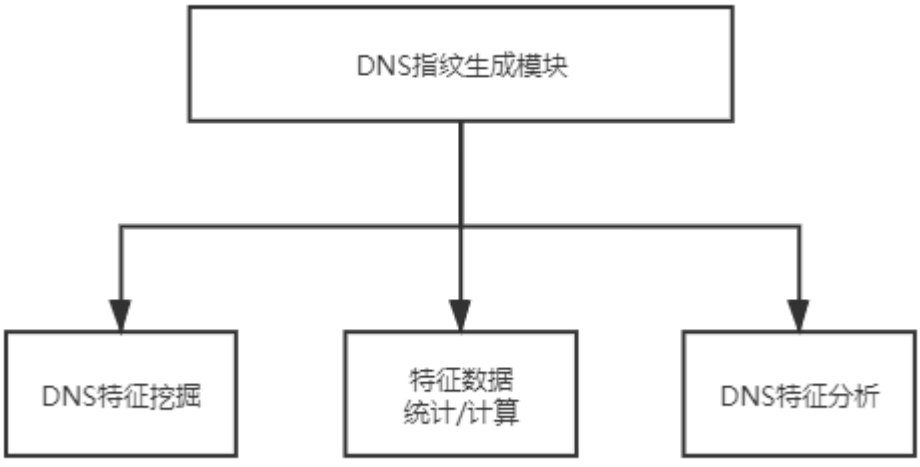
另一方面用于实时检测中的 DNS 数据包的抓包、过滤、切片。

3.2 PCAP 文件解析模块



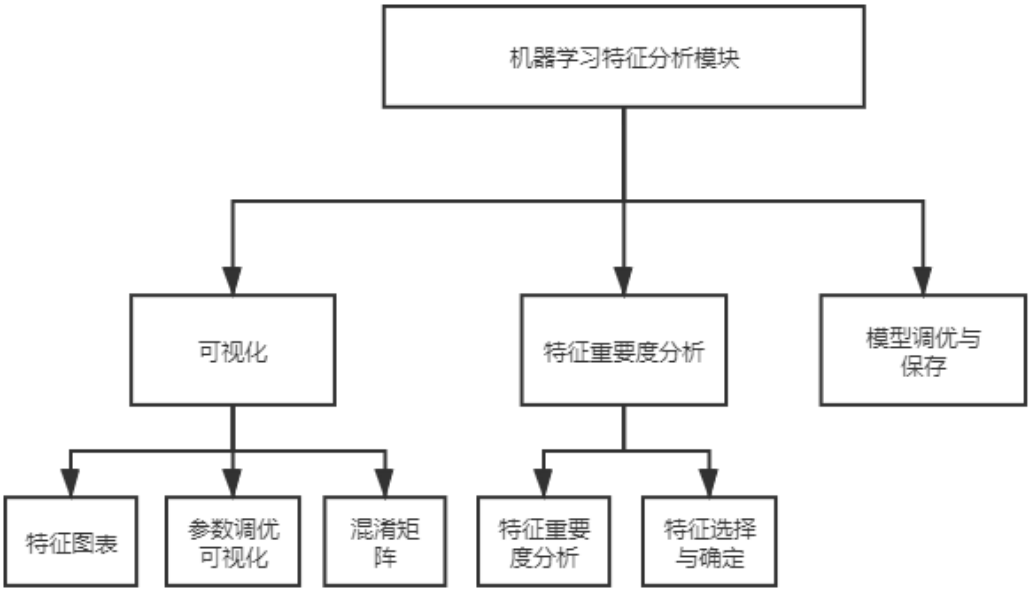
本模块主要功能为解析 pcap 文件，根据每一条请求/响应数据包，进行统计，为 DNS 特征挖掘做准备。

3.3 DNS 指纹生成模块



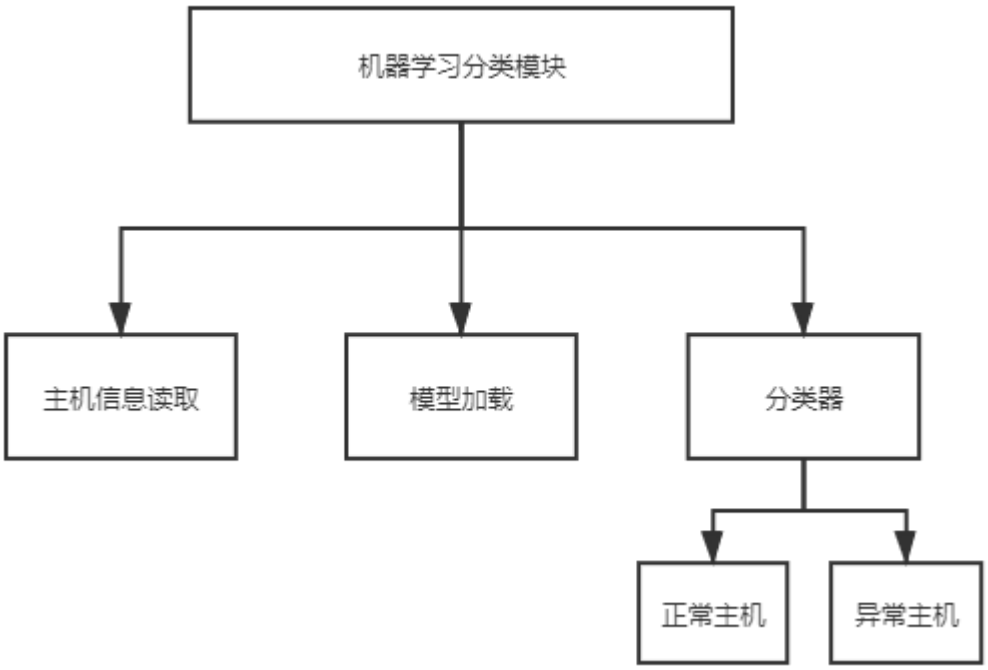
本模块的主要功能为进行 DNS 特征的提取，保存为 CSV 文件。

3.4 机器学习特征分析模块



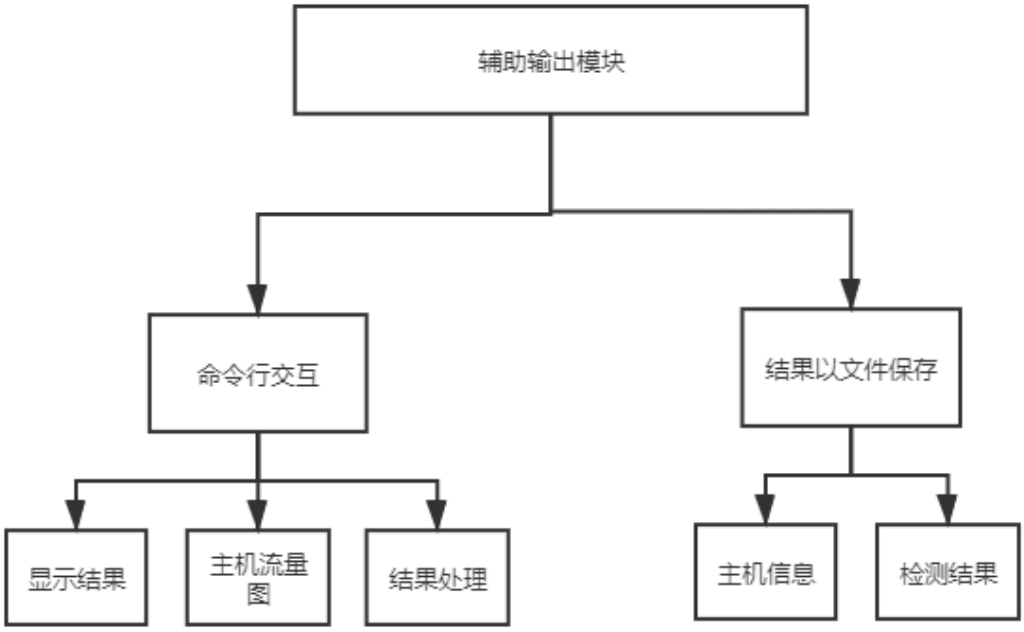
本模块的功能主要为通过机器学习，生成一个准确度最高的模型，用于分类网络中的 DNS 流量，包括对特征重要度的分析、特征的选择、模型参数的调整等

3.5 机器学习分类模块



本模块的主要功能为利用机器学习的结果，以生成好的特征值文件作为输入，输出分类好的僵尸主机或正常主机。

3.6 辅助输出模块



本模块主要是辅助模块，是与用户交互的界面，询问/帮助用户如何使用程序、处理检测的结果。

4 界面设计

界面最好是以图形化界面的形式展示，但是考虑到时间问题，可以采用命令行的方式进行交互，但是要注意以下几点：

1） 命令行界面应当友好，即提示语句排列清楚，输入人性化
2） 对于软件运行过程中会有实时输出，避免卡顿/运行不容易区分
3） 对于用户错误输入，应当能够检测，并有所提示，然后为用户提供再次输入的机会

5 软件环境设计

5.1 开发环境

程序开发阶段需要进行网络数据包捕获、测试机器学习、文件分析等，考虑到时间和小组成员条件等因素，故对开发环境有一定的要求如下：

1） 操作系统：Windows 10 / MAC
2） Python 环境：python2.7.9
3） 开发工具：PyCharm、office-Excel、notepad++等
4） 联网要求：需要能连接互联网
5） 虚拟机要求：至少两台虚拟机，系统为：kali linux2020，Ubuntu18
6） 其他工具：wireshark、浏览器等

5.2 运行环境

程序运行时会利用事先机器学习训练好的模型，不需要有过高的系统要求或配置要求，故对程序运行环境（测试环境）有下列要求：

1） 操作系统：Windows 7 及以上 / MAC / Linux 均可
2） Python 环境：python2.7.9
3） 运行工具：PyCharm / 命令行均可
4） 联网要求：需要能连接互联网

6 安全设计

6.1 系统备份设计

为防止因硬件、软件原因导致的程序异常中断而造成数据丢失，因对数据具有备份以及及时保存措施，包括

1） 实时检测的网络通信数据包
2） 文件检测的数据包文件备份
3） 已提取的特征值输出到文件保存备份
4） 机器学习结果保存下来备份
5） 异常检测结果实时保存输出到文件进行备份

6.2 系统容错设计

为提高系统容错能力，防止由于网络数据包复杂、用户输入不合法、检测文件异常等问题，开发程序时应注意以下内容

1） 用户的错误命令输入，应当有所检查，并给予用户提示
2） 当用户没有将网络数据包文件放置到正常存储目录时，应该有所检查，并给予用户提示
3） 当用户通过抓包的方式获取网络数据包，但是网络出现问题时，应当有所检查，并给予用户提示
4） 当用户误删项目中的一些输出、输入文件夹、实时检测备份文件时，应当有所检查、并重新生成这些文件。