SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-5382-73886

MODERNÉ TECHNIKY NA UKRÝVANIE ČINNOSTI MALVÉRU

BAKALÁRSKA PRÁCA

2020 **Lukáš Gnip**

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-5382-73886

MODERNÉ TECHNIKY NA UKRÝVANIE ČINNOSTI MALVÉRU

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program:	Aplikovaná informatika
Číslo študijného odboru:	2511
Názov študijného odboru:	9.2.9 Aplikovaná informatika
Školiace pracovisko:	Ústav informatiky a matematiky
Vedúci záverečnej práce:	Ing. Peter Švec

Bratislava 2020 **Lukáš Gnip**

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Ústav informatiky a matematiky

Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2019/2020
Evidenčné číslo: FEI-5382-73886

ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študent:	**Lukáš Gnip**
ID študenta:	73886
Študijný program:	aplikovaná informatika
Študijný odbor:	informatika
Vedúci práce:	Ing. Peter Švec
Miesto vypracovania:	Ústav informatiky a matematiky

Názov práce: **Moderné techniky na ukrývanie činnosti malvéru**

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský jazyk

Špecifikácia zadania:

V súčasnosti väčšina malvéru používa sofistikované techniky voči detekcii antivírusovým programom a sťaženiu analýzy škodlivého kódu. Medzi takéto techniky patrí využitie rôznych foriem packerov, ukrývanie škodlivých procesov, detekcia behu vo virtuálnom prostredí a pod. Cieľom práce je analyzovať techniky, ktoré využívajú v súčasnosti najrozšírenejšie druhy malvéru a implementovať ukážkovú aplikáciu na detekciu vybranej metódy.
Úlohy:
1. Naštudujte techniky používané súčasným malvérom.
2. Implementujte aplikáciu na detekciu vybranej techniky.
3. Zhodnoťte implementáciu a porovnajte s existujúcimi riešeniami.

Zoznam odbornej literatúry:

1. Sikorski, M. – Honig, A. *Practical Malware Analysis: The Hands-On Guide to Dissecting Malicious Software.* San Francisco: No Starch Press, 2012. 800 s. ISBN 1-59327-290-1.
2. Scholte, T. – Egele, M. – Kruegel, C. A Survey on Automated Dynamic Malware Analysis Techniques and Tools. [online]. 2011. URL: https://www.iseclab.org/papers/malware_survey.pdf.

Riešenie zadania práce od: 23. 09. 2019

Dátum odovzdania práce: 01. 06. 2020

Lukáš Gnip
študent

Dr. rer. nat. Martin Drozda
vedúci pracoviska

prof. Dr. Ing. Miloš Oravec
garant študijného programu

SÚHRN

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Študijný program:	Aplikovaná informatika
Autor:	Lukáš Gnip
Bakalárska práca:	Moderné techniky na ukrývanie činnosti malvéru
Vedúci záverečnej práce:	Ing. Peter Švec
Miesto a rok predloženia práce:	Bratislava 2020

Práca sa zaoberá súčasnými technikami na ukryvanie činnosti malvéru v napadnutých systémoch. V úvodnej časti práce popisujeme malvér a jednotlivé techniky na ukrývanie, ktoré sú najčastejšie využívané v posledných rokoch. V tejto časti práce sme sa zaoberali najmä vzorkami, ktoré boli detegované počas posledného roka. Cieľom práce bolo navrhnúť detekčný algoritmus vybranej techniky. Metóda, ktorú sme sa rozhodli bližšie preskúmať je tzv. *process hollowing*. Navrhnutý algoritmus je založený na princípe sledovania zvolených Windows API volaní, pomocou ktorých sa dokáže samotný malvér ukryť do bežného procesu. Základom algoritmu je konečný stavový automat, ktorý vyhodnocuje prítomnosť *process hollowing* techniky sledovaním postupnosti typických API volaní, používaných na implementáciu danej metódy. V ďalšej časti popisujeme samotný algoritmus, jednotlivé moduly detekčnej aplikácie a spôsob, akým sme ich implementovali. V záverečnej časti uvádzame výsledky, ktoré sme dosiahli v rámci experimentov so skutočnými vzorkami malvéru.

Kľúčové slová: malvér, process hollowing, detekcia, konečný stavový automat

ABSTRACT

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY

Study Programme:	Applied Informatics
Author:	Lukáš Gnip
Bachelor Thesis:	Modern Hiding Techniques in Malware
Supervisor:	Ing. Peter Švec
Place and year of submission:	Bratislava 2020

The bachelor thesis deals with current techniques for hiding the activity of malware in compromised systems. In the introduction of the thesis we describe the malware and individual techniques for hiding, which are most often used in recent years. In this part of the thesis, we dealt mainly with samples that were detected during the last year. The main objective of the bachelor thesis was to design a detection algorithm of a selected technique. The method that we decided to examine in more detail is the so-called textit process hollowing. The proposed algorithm is based on the principle of monitoring selected Windows API calls, which can be used to hide the malware itself in a normal process. The basis of the algorithm is a finite state machine, which evaluates the presence of the textit process hollowing technique by monitoring the sequence of typical API calls used to implement the method. In the next part we describe the algorithm itself, the individual modules of the detection application and the way in which we implemented them. In the final part of thesis, we present the results we achieved in experiments with real samples of malware.

Keywords: malware, process hollowing, detection, finite state machine

Obsah

Zoznam obrázkov a tabuliek

Zoznam skratiek a značiek

APC - Asynchronous Procedure Call
API - Application Programming Interface
BOT - RoBOT
CnC - Command and Control Center
DLL - Dynamic Link Library
EWM - Extra Windows Memory
FTP - File Transfer Protocol
IAT - Import Address Table
IP - Instruction Pointer
PE - Portable Executable
PEB - Process Environment Block
VAD - Virtual Address Descriptor

Zoznam výpisov

Úvod

Malvér môžeme charakterizovať ako škodlivý kód, ktorého primárnym cieľom je uškodiť používateľovi napr. stratou peňazí alebo súkromia, zneužitím osobných údajov a pod. Malvér na svoju infiltráciu najčastejšie využíva bezpečnostné chyby v systéme, prípadne rôzne phishingové kampane. Dôležitým prvkom každého škodlivého kódu je taktiež spôsob, akým sa môže vyhnúť odhaleniu. Jedným z takýchto spôsobov je ukrytie sa v pamäti systému a vydávanie sa za legitímny proces. Kým v minulosti vznikalo približne zopár vzoriek ročne, dnes sú to tisícky jedinečných súborov denne. Z toho dôvodu je nutné sa zaoberať detekciou a odhaľovaním škodlivého kódu v systéme aby sme vedeli zabrániť rôznym bezpečnostným incidentom.

V práci sa zaoberáme technikami, pomocou ktorých dokáže malvér ukryť svoju existenciu pred antivírusovými riešieniami a forenznými inžiniermi. Medzi najznámejšie metódy patria napr. *DLL injection*, *process hollowing* alebo *portable executable injection*. V našej práci sme sa rozhodli bližšie preskúmať techniku *process hollowing*. Princíp spomínanej metódy je podobný ako pri klasickom injektovaní škodlivého kódu do cudzieho procesu. Rozdiel spočíva najmä v tom, že *process hollowing* taktiež odmapuje pamäť pôvodného procesu. V rámci práce sme navrhli detekčný algoritmus, ktorý je založený na konečnom stavovom automate. Aplikácia sleduje v reálnom čase dôležité API volania a na ich základe sa posúva v automate. Jednotlivé stavy konečného automatu, reprezentujú fázy v ktorých sa nachádza malvér, počas injektovania škodlivého kódu do cudzieho procesu pomocou techniky *process hollowing*.

Štruktúra našej práce je nasledovná. V úvodnej kapitole popisujeme najznámejšie techniky na ukrývanie činnosti malvéru. Taktiež uvádzame vzorky malvéru, ktoré boli detegované počas minulého roka spolu s identifikáciou techniky, ktorú používajú.

V druhej kapitole sa zaoberáme detailnou charakteristikou techniky *process hollowing*. V rámci kapitoly taktiež uvádzame zoznam Windows API volaní, ktoré sa používajú na implementáciu techniky *process hollowing*.

Kapitola 3 popisuje súčasné riešenia, ktoré sa zaoberajú detekciou techniky *process hollowing*.

V ďalšej kapitole uvádzame popis nami navrhnutého algoritmu. V rámci kapitoly prezentujeme navrhnutý konečný stavový automat a tabuľku prechodov.

Kapitola 5 sa zaoberá popisom implementácie jednotlivých modulov detekčnej aplikácie, použitých knižníc a technológií.

Záverenčná kapitola sa venuje výsledkom, ktoré sme dosiahli pomocou našej detekčnej aplikácie.

1 Malvér

Je to softvér, ktorého cieľom je poškodiť, zablokovať, zmocniť sa alebo odcudziť citlivé informácie uložené v počítači. Cieľom malvéru je získať informácie pre útočníka a následné zneužitie týchto informácií na rôzne druhy nelegálnej činnosti za účelom danej obeti uškodiť alebo sa na nej finančne obohatiť. Malvér sa kedysi členil na rôzne kategórie ako napr. vírusy, *backdoor*, *spyware*, *ramsomware* a pod.[5] V súčasnosti už toto delenie nie je veľmi aktuálne, pretože malvér v dnešnej dobe je už viacmenej kombináciou týchto kategórií a využíva rôzne komponenty z jednotlivých druhov škodlivého kódu. V nasledujúcej kapitole sa podrobnejšie zaoberáme rôznymi spôsobmi ukrývania činnosti a prítomnosti malvéru, ktoré môžu byť v súčasnosti využívané.

1.1 Techniky ukrývania činnosti

Malvér vo všeobecnosti patrí ku škodlivému kódu. Preto je nutné jeho bežiace procesy utajiť. Ak chce byť malvér úspešný v získavaní údajov alebo finančných prostriedkov, musí byť jeho beh ukrytý pred potenciálnym antivírusom, prípadne forenzným inžinierom ktorý je schopný ho odhaliť. Za týmto účelom sa využívajú rôzne techniky na ukrytie malvéru buď v pamäti počítača, rôznych shell skriptoch alebo dynamických knižniciach, aby boli čo najmenej detegovateľné. [13]

- **DLL Injection / Reflective DLL Injection**
  DLL Injection je technika, pri ktorej malvér zapíše cestu ku škodlivému DLL súboru do virtuálneho adresného priestoru legitímneho procesu a následne zabezpečí aby daný proces túto dynamickú knižnicu načítal. Postup je nasledovný:

  – Škodlivý kód získa prístup ku legitímnemu procesu.
  – V rámci legitímneho procesu alokuje priestor dostatočne veľký na zapísanie cesty ku škodlivému DLL súboru.
  – Malvér zapíše cestu ku škodlivému DLL súboru do virtuálneho adresného priestoru legitímneho procesu.
  – Malvér na záver spustí vlákno v rámci legitímneho procesu, ktorého cieľom je načítať a spustiť DLL súbor.

  Hlavným cieľom *DLL Injection* je škodlivý kód ukryť do legitímneho procesu, kde je malvér ukrytý pred antivírovým softvérom, odkiaľ môže byť následne spustený [3].

- **Proces Hollowing**

  Využíva podobné princípy ukrývania škodlivého softvéru ako *DLL Injection*. Cieľom je ukryť škodlivý kód do existujúce procesu, z ktorého sa následne bude vykonávať[3]. Princíp je podobný ako pri technike *DLL Injection*:

  - Malvér spustí nový pozastavený legitímny proces, do ktorého sa plánuje ukryť.
  - Škodlivý kód odmapuje pamäť legitímneho procesu.
  - Do virtuálneho adresného priestoru legitímneho procesu nakopíruje svoj škodlivý kód.
  - Po dokončení kopírovania nastaví nový vstupný bod procesu a obnoví pozastavený proces.

  Ako môžeme vidieť, hlavný rozdiel spočíva najmä v odmapovaní existujúceho kódu. V prípade *Process Hollowing* techniky bude v rámci neškodného procesu bežať výhradne iba škodlivý kód, na rozdiel od *DLL injection*, kde v rámci jedného procesu sa nachádza škodlivý kód spolu s pôvodným. Výsledkom môže byť napr. spustený bežný proces *svchost.exe*, ktorý ale v skutočnosti vykonáva škodlivú aktivitu.

- **Thread Execution Hijacking**

  Pri tejto technike existujú určité podobnosti s metódou *Process Hollowing* a *DLL injection* [3]. Hlavný princíp spočíva v získaní prístupu už k existujúcemu vláknu legitímneho procesu, do ktorého chceme vložiť škodlivý kód. Po získaní prístupu k vláknu, malvér dané vlákno pozastaví. Samotné injektovanie môže uskutočniť podobne ako pri *DLL injection*, zapísaním cesty k DLL súboru a následnom načítaní. Nevýhodou takéhoto spustenia pozastaveného programu je, že môže spôsobiť pád systému v rámci systémového volania. Výhodou ostáva, že technika nepotrebuje vytvoriť nové vlákno alebo proces a použije už existujúce.

- **Portable Executable Injection**

  Výhodou tohoto spôsobu ukrytia malvéru je využitie nakopírovania celého PE súboru do existujúceho procesu [3]. Ako výhodu môžeme taktiež považovať, že malvér nepotrebuje uložiť žiadne súbory na disk ale len priamo prekopíruje dáta PE súboru do legitímneho procesu. Hlavnou nevýhodou je, že sa zmení bázová adresa procesu a z toho dôvodu je nutné prepočítať nové adresy v legitímnom procese tak, aby bolo zabezpečené korektné správanie novo vloženého PE súboru.

- **Hook injection**

  Hookovanie je všeobecne technika používaná na zachytávanie API volaní. *Hook injection* využíva túto techniku na načítanie škodlivého DLL, pri zachytení určitej udalosti v konkrétnom vlákne [3]. Pomocou prislušného API volania vieme nainštalovať hook na špecifickú udalosť v systéme (napr. stlačenie klávesy), pre konkrétne vlákno v systéme. Taktiež vieme špecifikovať smerník na funkciu, ktorá sa má zavolať ak daná udalosť nastane. V tejto funkcii následne vieme určiť že sa má načítať napr. škodlivé DLL. Môžeme si všimnúť že väščina techník sa samotné načítanie kódu využíva metódu načítania škodlivého DLL do regulérneho procesu a hlavné rozdiely spočívajú najmä v riešení ako donúniť cudzí proces túto funkcionalitu vyvolať.

- **APC Injection**

  Škodlivý softvér môže využívať výhody tzv. *Asynchronous Procedure Calls* (APC), aby prinútil iné vlákno spustiť svoj vlastný kód [3]. Túto funkcionalitu vie dosiahnúť tak, že vloží dané vlákno do APC fronty. Každé vlákno má vlastnú APC frontu, z ktorej vykonáva volania ak sa nachádza v pozastavenom stave a čaká na konkrétne udalosti. Podobne ako v predchádzajúcich prípadoch môže malvér do APC fronty vložiť smerník na funkciu, v ktorej sa načíta škodlivé DLL. Malvér zvyčajne hľadá ľubovoľné vlákno ktoré sa nachádza v špeciálnom stave, pri ktorom vykonáva postupne položky v APC fronte. Takýchto vláken je väčšinou v systéme veľa.

- **Extra windows memory injection**

  Tento spôsob schovávania softvéru sa spolieha na možnosť špecifikovať dodatočnú pamäť pri registrácii aplikačných okien v systéme. Pri registrácii nového okna aplikácie, softvér špecifikuje ďalšie bajty pamäte, ktoré rozšíria veľkosť alokovanej pamäte pre spustenú aplikáciu [3], nazývané aj *Extra Windows Memory*(EWM). V tejto časti ale nevzniká dostatok miesta na uloženie dát. Aby sa toto obmedzenie obišlo, škodlivý softvér zapíše kód do zdieľanej pamäte a do EWM vloží ukazovateľ na danú časť. Do tejto rozšírenej časti zieľanej pamäte ďalej softvér zapíše smerník na funkciu, ktorá obsahuje kód na načítanie malvéru. Malvér môže nakoniec vyvolať spustenie tohoto kódu pomocou konkrétnych Windows API volaní.

1.2 Súčasný malvér

Táto kapitola obsahuje opis jednotlivých vzoriek škodlivého kódu z roku 2019, ktoré boli detegované spoločnosťami ako Avast a McAfee. Tieto vzorky sú najčastejšie využívané v oblasti Európy. Kapitola obsahuje bližší opis jednotlivých vzoriek, ich využitie, použité spôsoby útokov a ukrytie malvéru v systéme.

- **Sodinokibi**
  Tento malvér bol detekovaný v období okolo apríla 2019. Patrí do rodiny ransomvéru, ktorých cieľom je zašifrovať dáta v zariadení a následne za dešifrovanie pýtať peniaze [7] (väčšinou v podobe kryptomeny). Názov bol objavený v heši, ktorý obsahoval názov *Sodinokibi.exe*. Vírus sa šíri sám zmeužívaním zraniteľnosti v serveroch, ktoré používajú *Oracle WebLogic*. Kód je navrhnutý tak, aby rýchlo vykonával šifrovanie špecifických súborov, definovaných v konfigurácii ransomvéru. Prvou akciou škodlivého kódu je načítať všetky externé funkcie potrebné počas behu programu. Technika využívaná na ukrytie malvéru je *Portable Executable Injection*. Analýza spoločnosti McAfee ukazuje podobnosť s iným starším malvérom GandCrab.

- **Emotet**
  Emotet je malvér, ktorý sa primárne šíri pomocou rôznych spam emailov [1]. Na infikovanie zariadenia používa rôzne skripty, makrá v dokumetoch alebo linky. Emotet sa teda spolieha najmä na techniky sociálneho inžinierstva. Prezentuje sa ako hodnoverný zástupca napr. banky, rôznych internetových obchodov, a pod. Emotet sa prvýkrát objavil v roku 2014 kedy využíval na infikovanie rôzne JavaScript súbory [9]. V roku 2019 sa tento vírus objavil znova tentokrát už v pokročilejšej verzii. V novej verzii je Emotet už polymorfným škodlivým kódom, čo mu umožňuje vyhnúť sa klasickej detekcii. Emotet môže navyše generovať falošné funkcionalitu, ak je spustený vo virtuálnom prostredí čo zhoršuje jeho detekciu systéme.

- **ZeuS**
  Prvýkrát odhalený v roku 2007 sa Zeus Trojan, ktorý sa často nazýva Zbot, stal jedným z najúspešnejších botnetov na svete a postihol milióny počítačov [6]. Taktiež bolo vytvorerných množstvo variantov, ktoré boli založené na tomto malvéri. Po čase sa znovu objavil v pozmenenej podobe so zameraním na odchytávanie bankových operácii (odchytávanie prihlasovacích údajov do internet bankingu). Dosahuje to

prostredníctvom monitorovania webových stránok a zaznamenávania klávesov. Keď malvér zistí, že sa používateľ nachádza na webovej stránke banky, začne zaznamenávať stlačenia klávesov použité na prihlásenie. Infekcia prebieha pomocou spamov. Keď užívateľ klikne na odkaz v správe alebo stiahne obsah súboru, spolu s ním stiahne a spustí aj makro, ktoré po nainštalovaní umožňuje sledovanie zariadenia.

- **Dridex**
  Dridex je známy trójsky kôň, ktorý sa špecializuje na krádež kreditných údajov v online bankovníctve. Tento typ škodlivého kódu sa objavil v roku 2014 a stále sa postupne vyvíja. Nový variant Dridex je schoplný vyhnúť sa detekcii tradičnými antivírusovými produktami. Tento malvér je v súčastnosti schopný detekovať približne 25 až 30 percent aktuálnych antivírusových softvérov. [11]

- **Mirai**
  Mirai je samošíriteľný typ škodlivého súboru na vytvorenie botnetu. Zdrojový kód pre *Mirai* bol autormi verejne sprístupnený po úspešnom a dobre propagovanom útoku na webovú stránku Krebbs. Kód botnetu Mirai infikuje zariadania pripojené k internetu, ktoré využívajú telnet protokol (sieťový komunikačný protokol založený na TCP) na nájdenie tých, ktoré stále používajú svoje predvolené uživateľské meno a heslo. Účinnosť málvéru *Mirai* je spôsobená jeho schopnosťou infikovať desiatky tisíc týchto nezabezpečených zariadení a koordinovať ich tak, aby začali útok DDoS proti vybranej obeti. [2]

  Mirai má dve hlavné zložky, samotný vírus a C&C server, ktorý ovláda kompromitované zariadenia (BOT) a posiela im pokyny na spustenie jedného z útokov proti jednej alebo viacerým obetiam. Proces skenera prebieha nepretržite na každom infikovanom zariadení pomocou protokolu telnet (na porte TCP 23 alebo 2323)

  C&C predstavuje jednoduché rozhranie príkazového riadku, ktoré umožňuje útočníkovi určiť algoritmus, IP adresu obete a trvanie útoku. C&C tiež čaká na to, aby jej existujúce BOT-y vrátili novoobjavené adresy zariadení, ktoré používa na ďalšie rozširovanie botnetu. Algoritmy sú konfigurovateľné z C&C, ale v predvolenom nastavení má *Mirai* tendenciu náhodne rozdeľovať rôzne polia (ako sú čísla portov, poradové čísla, identifikátory atď.).

- **Osiris**
  Osiris je odvodený od malvéru Kronos, ktorý sa zameriaval na bankovnívctvo. Podobne ako Kronos, je Osiris modernejšou verziou bankového trójskeho koňa [8].

Táto verzia malvéru využíva na skrývanie metódu *process hollowing*. Umožňuje mu vydávať sa za legitímne procesy. Malvér sa šíri vydávaním sa za legitímny spustiteľný súbor (útoky zaznamenné s malvérom Osiris boli dokumenty Microsoft Word). Vydávanie sa za iný oficiálny softvér značne sťažuje identifikáciu malvéru a obmedzuje možnosti na zastavenie útoku [14]. Malvér v dokumetoch Word obsahoval aj makrá, ktoré po spustení stiahli další škodlivý malvér, ktorý umožuje zahĺtiť zariadenia alebo sťažiť detekcu

- **Loki**
  Loki je ďalšou variáciou staršieho malvéru Kronos. Rovnako ako Osiris, aj Loki využíva na svoje ukrytie metódu *process hollowing*. Loki sa zameriava na krádeže osobných údajov ako napr. prihlasovacie údaje a heslá. Od augusta 2018 až do súčasnosti sa Loki zameriava na firemné poštové schránky prostredníctvom phishingových a spamových e-mailov. Phishingové e-maily zahŕňajú prílohu súboru s príponou .iso, ktorá sťahuje a spúšťa škodlivý softvér.

Celkový prehľad použítých techník v súčasným vzorkách škodlivého kódu môžeme vidieť v tabuľke č.1.

	Technika ukrývania						
Názov malvéru	Sodinokibi	Emotet	ZeuS	Dridex	Mirai	Osiris	Loki
DLL Injection		X	X		X		
Process hollowing						X	X
Thread Execution Hijacking							
Portable Executable Injection	X			X			
Hook injection							
APC Injection							
Extra windows memory injection							

Tabuľka 1: Techniky ukrývania činnosti využívané súčasným malvérom.

2 Process hollowing

Zvolený spôsob ukrytia malvéru, ktorým sme sa v tejto práci zaoberali je *process hollowing*. Nasledujúca kapitola sa venuje spôsobu akým sa malvér môže ukryť pomocou spomínanej techniky. Taktiež obsahuje potenciálne API funkcie pomocou ktorých môže byť technika *process hollowing* implementovaná.

2.1 Princíp

Princíp ukrytia malvéru, ktorý využíva *process hollowing* je do istej miery podobný technike *DLL Injection*. Hlavný cieľ metódy spočíva v ukrytí škodlivého kódu do bežného procesu, ktorý v systéme Windows spôsobuje čo najmenšie podozrenie [12]. Takýmto procesom môže byť napríklad *svchost.exe*, ktorý je v systéme bežne spustený aj vo viacerých inštanciách. *Process hollowing* vytvorí pozastavený proces *svchost.exe* (prípadne získa prístup už k bežiacemu procesu) a odmapuje jeho pamäť. Po odmapovaní alokuje dostatok miesta vo virtuálnom adresnom priestore procesu. Následne, po alokácii nakopíruje škodlivý kód a nastaví nový vstupný bod programu. Po ukončení týchto krokov obnoví pozastavený proces. Výsledkom je navonok bežiaci štandardný proces *svchost.exe*, ktorý ale vo vnútri vykonáva škodlivú činnosť. Schematické znázornenie priebehu tejto techniky môžeme vidieť na obrázku č.1.

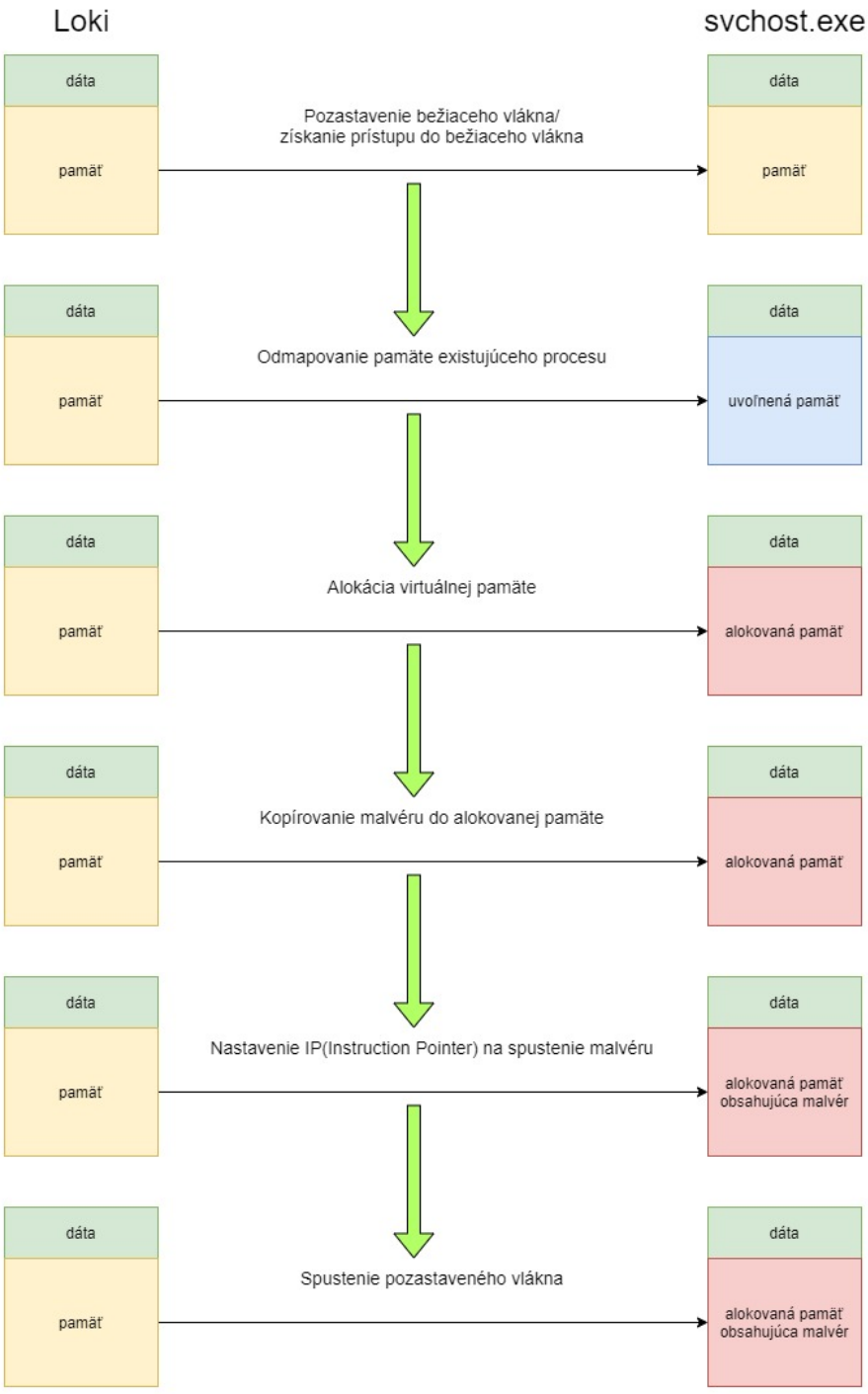
2.2 Využívané API funkcie

Process hollowing využíva na svoje fungovanie rôzne štandardné API volania. Nasledujúce nami vybrané API funkcie[10], môžu byť využité pri technike *rocess hollowing*:

- **CreateThread**
  Vytvorí nové vlákno vo virtuálnom adresnom priestore procesu, ktorý danú funkciu zavolal.

- **CreateRemoteThread**
  Vytvorí vlákno, ktoré beží vo virtuálnom adresovom priestore iného procesu.

- **CreateRemoteThreadEx**
  Funkcia vytvára vlákno, ktoré sa spúšťa vo virtuálnom adresovom priestore iného procesu a prípadne špecifikujte rozšírené atribúty, ako napr. nastavenie na ktorom procesore bude dané vlákno bežať.



Obrázok 1: Ukážka zmien adresného priestoru počas Hollowingu.

- **ResumeThread**
  Funkcia dekrementuje hodnotu, ktorá špecifikuje, koľkrát bolo vlákno pozastavané. V prípade ak sa hodnota dostane na nulu, vlakno je obnovené. V opačnom prípade ostáva pozastavené.

- **SuspendThread**
  Pozastavenie vykonávanie činnosti špecifikovaného vlákna.

- **SwitchToThread**
  Spôsobuje prepnutie aktuálneho vlákna, na vlákno, ktoré je pripravené bežať na procesore. Tento výber vykonáva operačný systém.

- **CreateProcessA** Vytvorí nový proces a jeho hlavné vlákno. Nový proces beží s rovnakými oprávneniami ako proces, ktorý danú funkciu zavolal.

- **VirtuallAlloc**
  Alokuje alebo mení oprávnenia stránok vo virtuálnom adresom priestore procesu, ktorý danú funkciu zavolal. Alokovaná pamäť je automaticky inicializovaná na nulu.

- **VirtualAllocEx**
  Funguje rovnako ako *VirtualAlloc*, s tým rozdielom, že alokuje pamäť v rámci virtuálneho adresného priestoru iného procesu.

- **WriteProcessMemory**
  Zapisuje údaje do pamäti v zadanom procese. Celá oblasť, do ktorej sa zapisuje, musí mať potrebné oprávnenia na zápis.

- **ReadProcessMemory**
  Číta údaje z virtuálneho adresného priestoru špecifikovaného procesu.

- **SetThreadContext**
  Nastavuje kontext (t.j. obsah registrov) pre špecifikované vlákno.

- **NtUnmapViewOfSection**
  Odmapuje pamäť vybraného procesu.

3 Existujúce riešenia na detekciu

Doposiaľ známe existujúce riešenia na detekciu techniky *process hollowing* využívanej niektorými vzorkami škodlivého kódu, sú určené na forenznú analýzu. Táto analýza prebieha až po infikovaní zariadenia malvérom a zistením, že škodlivý kód sa už v zariadení nachádza. Riešenia spomínané v tejto kapitole sa teda nezameriavajú na detekciu techniky v reálnom čase.

3.1 PHDetection

PHDetection hľadá moduly, od ktorých závisí pôvodný spustiteľný program [**?**]. *PHDetection* kontroluje či sú dané moduly načítané do pamäte programu. Ak nástroj nájde moduly, na ktorých závisí dotyčný program (t.j. sú zapísané v IAT) ale nenájde ich v pamäti procesu, *PHDetection* deteguje že sa jedná o *process hollowing* a pôvodný proces bol nahradený iným. Existuje mnoho spustiteľných súborov, ktoré nezávisia od veľkého počtu modulov a kvôli tomu nástroj analyzuje aj tabuľku importov, v ktorej sa nachádzajú moduly, ktoré sa majú načítať až počas prvého použitia. To znamená že DLL súbor sa načíta do pamäte procesu až v momente, kedy sa zavolá prvá funkcia z tohoto modulu. *PHDetection* teda postupne prechádza všetky bežiace procesy a analyzuje načítané moduly. V prípade ak daný modul nastavený na neskoršie načítanie a ešte sa nenachádza v pamäti, nástroj porovnáva časové značky spustiteľného súboru na disku a v pamäti. Program bol implementovaný v jazyku C++.

3.2 HollowFind

Hollowfind je plugin pre nástroj *Volatility* na detekciu rôznych typov techniky *process hollowing* používaných škodlivým kódom [**?**]. Plugin sa zameriava taktiež na rôzne formy obfuskácie danej techniky s cieľom sťaženia forenznej analýzy. Plugin deteguje metódu na základe porovnávania VAD a PEB tabuliek. VAD tabuľka je stromová štruktúra reprezentujúca jednotlivé stránky vo virtuálnom adresnom priestore a PEB tabuľka obsahuje rôzne informácie o konkrétnom procese. Príkladom môže byť chýbajúca cesta k spustiteľnému súboru vo VAD tabuľke alebo rôzne bázové adresy procesu v PEB a VAD tabuľke.

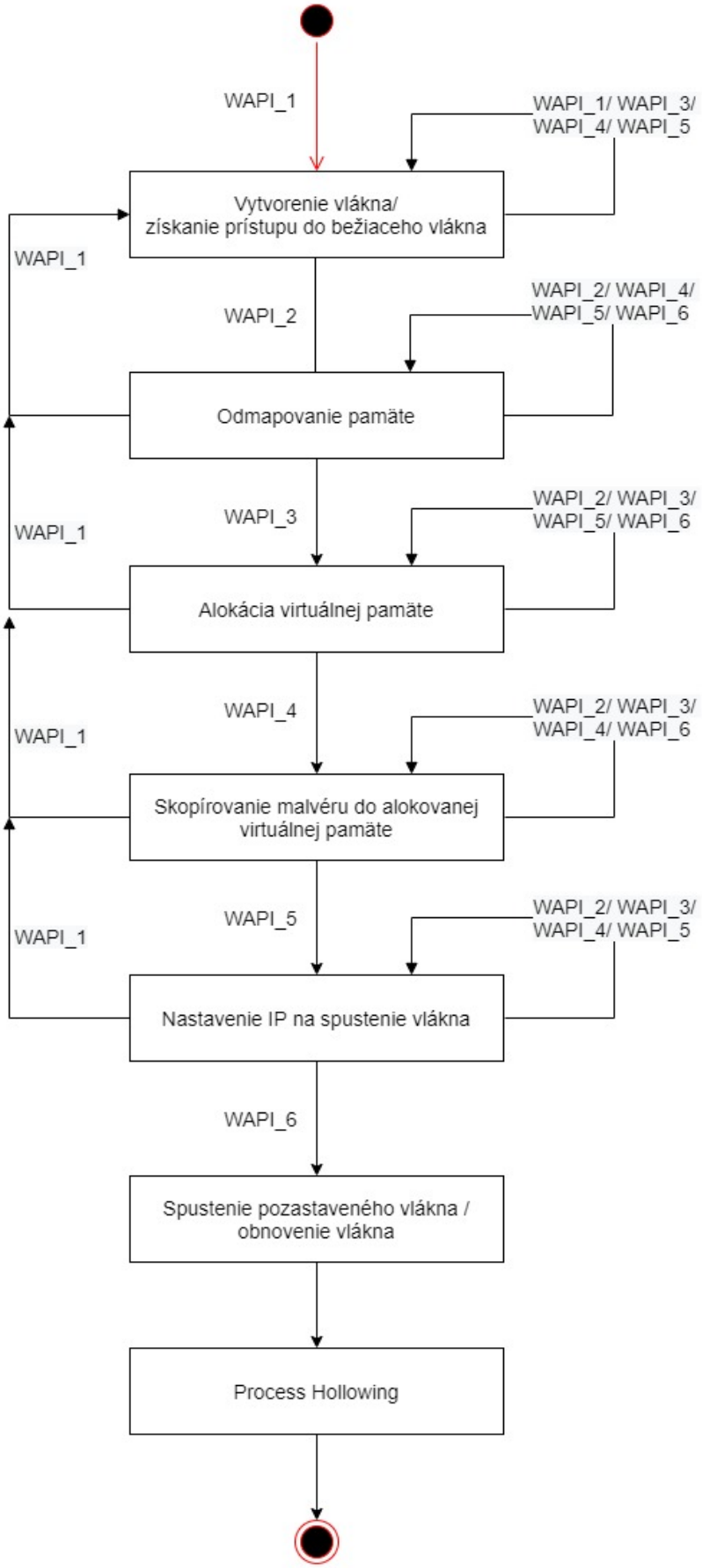
4 Algoritmus na detekciu

Nami navrhnutý algoritmus na detekciu techniky *process hollowing* je založený na konečnom stavovom automate. Automat tvorí celkovo šesť prechodových stavov (a jeden počiatočný a jeden konečný stav). Cez tieto stavy postupne prechádzame pri zachytávaní niektorých API volaní. Automat obsahuje nasledujúce stavy:

- **Vytvorenie pozastaveného procesu**
- **Odmapovanie pamäte**
- **Alokácia pamäte**
- **Skopírovanie škodlivého kódu**
- **Nastavenie IP**
- **Spustenie procesu**

Vstupné symboly, ktoré spôsobujú prechody v konečnom automate sú v našom prípade API volania. Nami zvolené API volania môžeme rozdeliť do nasledujúcich skupín:

- **WAPI1** - sú API funkcie, ktoré umožňujú vytvárať nové vlákna/procesy alebo získať prístupy do už existujúcich vlákien/procesov, t.j. *CreateThread*, *SuspendThread*, *CreateProcessA*.
- **WAPI2** - predstavujú API volania primárne určené na odmapovanie pamäte existujúceho procesu, t.j. *NtUnmapViewOfSection*.
- **WAPI3** - volania slúžiace na alokáciu pamäte vo virtuálnom adresnom priestore procesu, t.j. *VirtualAlloc*, *VirtualAllocEx*.
- **WAPI4** - tieto funkcie umožňujú manipulovať s pamäťou;kopírovanie pamäte, zapisovanie a čítanie, t.j. *WriteProcessMemory*, *CopyMemory*, *ReadProcessMemory*.
- **WAPI5** - API volanie, ktoré nastavuje kontext daného vlákna a umožňujú nastaviť IP - *SetThreadContext*.
- **WAPI6** - poslednou skupinou sú API volania, ktoré spúšťajú pozastavené vlákno, t.j. *ResumeThread*.



Obrázok 2: Konečný stavový automat reprezentujúci postupnosť API volaní vedúcich k ukrytiu malvéru.

Algoritmus na detegovanie funguje na jednoduchom princípe. Podozrivú vzorku spustíme a zachytávame vyššie spomínané API volania. Na základe týchto volaní postupne prechádzame stavmi konečného automatu. Ak sa postupne dostaneme dostaneme do posledného stavu, prepokladáme že nastal *process hollowing*. Celkové znázornenie automatu môžeme vidieť na obrázku č.2.

4.1 Konečný stavový automat

Konečný automat je teoretický výpočtový model používaný v informatike na štúdium rôznych formálych jazykoch. Popisuje veľmi jednoduchý počítač, ktorý môže byť v jednom z niekoľkých stavov, medzi ktorými prechádza na základe symbolov, ktoré číta zo vstupu. Množina stavov je konečná , konečný automat nemá žiadnu ďalšiu pamäť, okrem informácie o aktuálnom stave. V informatike sa rozlišuje okrem základného deterministického či nedeterministického automatu tiež Mealyho a Moorov automat.

Konečný automat je definovaný ako usporiadaná pätica (S, Σ , σ, s, F) kde:
S je konečná neprázdna množina stavov.
Σ je konečná neprázdna množina vstupných symbolov, nazývaná abeceda.
σ je prechodová funkcia respektíve prechodová tabuľka popisujúca prechod medzi jednotlivými stavmi.
s je počatočná stav patriaci do množiny stavov S.
F je množina finálych akceptujúcich stavov.

Na začiatku sa automat nachádza v definovanom počiatočnom stave. Ďalej v každom kroku prečíta jeden symbol zo vstupu a prejde do stavu, ktorý je daný hodnotou, ktorá v prechodovej tabuľke zodpovedá aktuálnemu stavu a prečítanému symbolu. Potom pokračuje čítaním ďalšieho symbolu zo vstupu, ďalším prechodom podľa prechodovej tabuľky atď.

Podľa toho, či automat skončí po prečítaní vstupe v stave, ktorý patrí do množiny prijímajúcich stavov, platí, že automat buď daný vstup prijal, alebo neprijal. Množina všetkých reťazcov, ktoré daný automat príjme, tvorí regulárny jazyk.

V našom prípade abecedu tvorí množina nami vybraných API windows funkcií, ktoré by potenciálne mal najčastejšie využívať malvér využívajúci techniku *Process Hollowing* na ukrytie svojej činnosti.

4.2 Matica konečného stavového automatu

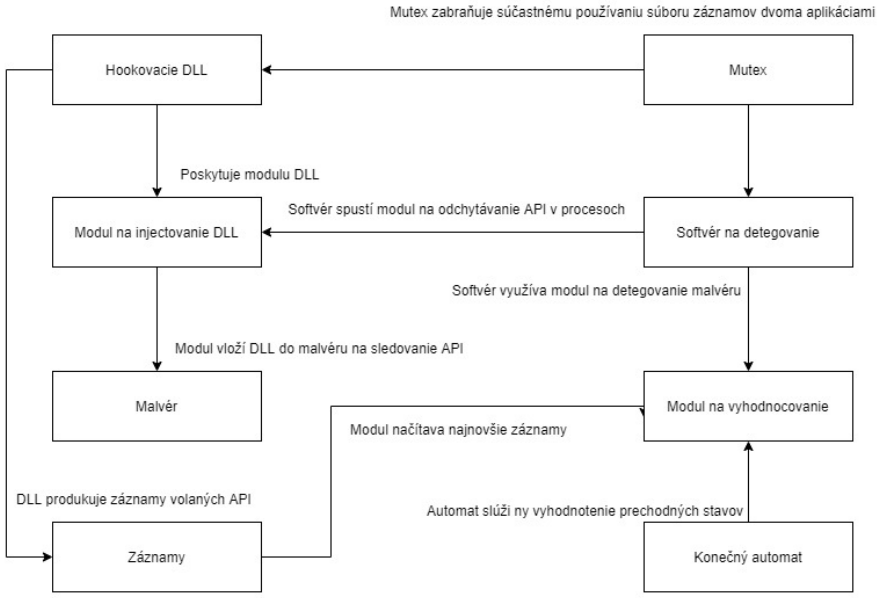
Matica reprezentuje prechody medzi jednotlivými stavmi konečného stavového automatu. Tieto prechody sú definované ako volania vybraných API funkcií, ktoré posúvajú automat cez jednotlivé stavy podľa toho v akom stave je aktuálne automat a do akého nového stavu sa automat dostane. Konečná množina stavov je reprezentovaná stavmi **štart**, **vytvorenie procesu**, **alokácia pamäte**, **kopírovanie malvéru**, **nastavenie IP** a **spustenie vlákna**. Počiatočný stav automatu je **štart** a konečný stav je **process hollowing**, ktorý označuje že nastalo injektovanie kódu.

	Prechodové stavy						
Volané API funkcie	Štart	Vytvorenie procesu/ Získanie prístupu do procesu	Odmapovanie pamäte existujúceho procesu	Alokácia virtuálnej pamäte	Kopírovanie malvéru do alokovanej pamäte	Nastavenie IP na spustenie malvéru	Spustenie vlákna/ Spustenie pozastaveného procesu
Skratky stavov	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
CreateThread	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
CreateRemoteThread	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
CreateRemoteThreadEx	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
CreateProcessA	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
CreateProcessW	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
SwitchToThread	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
OpenThread	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
SuspendThread	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
NtUnmapViewOfSection	S0	S2	S2	S3	S4	S5	S6
VirtualAlloc	S0	S1	S3	S3	S4	S5	S6
VirtualAllocEx	S0	S1	S3	S3	S4	S5	S6
CopyMemory	S0	S1	S2	S4	S4	S5	S6
WriteProcessMemory	S0	S1	S2	S4	S4	S5	S6
ResumeThread	S0	S1	S2	S3	S4	S6	S6
SetThreadPriority	S0	S1	S2	S3	S5	S5	S6

Tabuľka 2: Matica prechodov medzi stavmi pri volaniach API.

5 Implementácia

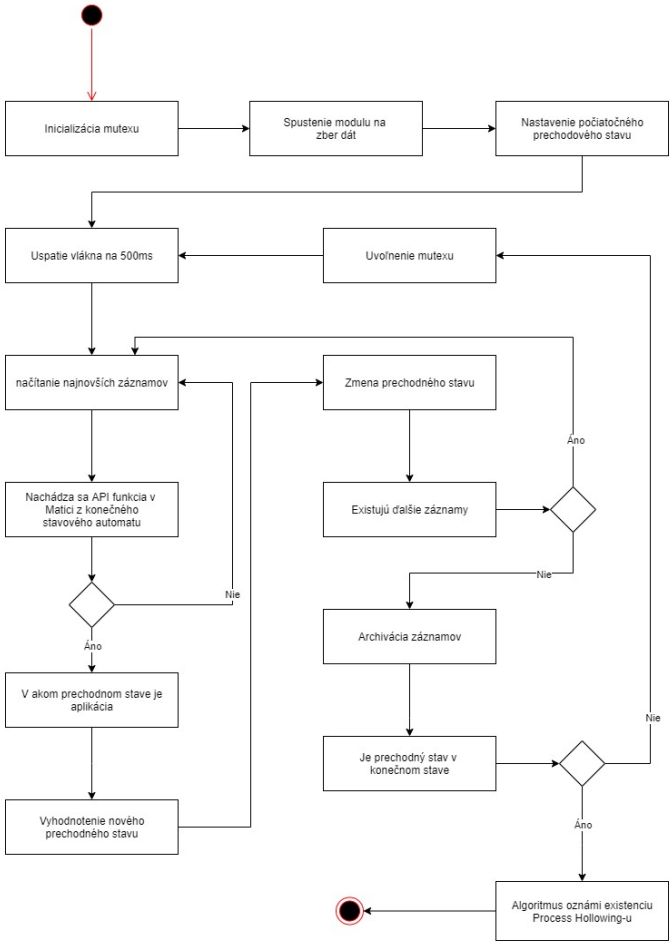
Pre implementáciu riešenia sme zvolili programovaný jazyk C++, pretože primárnym testovavím prostredím budú najčastejšie používané systémy Windows. Na simuláciu testovanie prostredia použijeme **Virtual Box** v ktorom budeme simulovať bežné používanie systému. Zvolené vývojové prostredie je **Visual Studio 2019**, ktoré nám umožňuje pracovať s najnovšími verziami systému a aj uľahčiť jednuduchšiu implementáciu algoritmu.



Obrázok 3: Moduly aplikácie

Práca sa zaoberá návrhom a implementáciou spôsobu detegovania techniky *Process Hollowing*, ktorú vedia využívať niektoré malvéry. Aplikácia určená na detegovanie, bude bežať v reálnom čase, teda je schopná detegovať *Process Hollowing* počas jeho behu. Vstupné dáta do tejto aplikácie budú predstavovať volané API funkcie procesom a z týchto API funkcií bude aplikácia vyhodnocovať a poskytovať výsledky. Aplikácia bude pozostávať z nasledujúcich častí. Mutex, ktorý bude zabezpečovať plynulosť a bezpečnosť programu. Modul na injectovanie DLL, ktorý bude vkladať DLL knižnicu na odchytávanie volaných API. Modul na vyhodnocovanie prítomnosti *Process Hollowing-u*, ktorý sa skladá z viacerých častí. Modulu na načítanie najnovších záznamov z DLL knižnice. Konečného stavového automatu reprezentovaného maticou, oproti ktorej bude aplikácia porovnávať prechody medzi jednotlivými stavmi podľa volaných API. Archiváciou, ktorá zabezpečí archiváciu dát po prečítaní najnovších záznamov z DLL knižnice. A vyhodnocovacou funckiou, ktorá bude vyhodnocovať kedy sa prechodný stav nastaví do konečného stavu a označí vzorku za pozitívnu.

5.1 Algoritmus



Obrázok 4: UML diagram vyvýjaného algoritmu.

Aplikácia na začiatku inicializuje mutex, ktorý slúži na koordináciu viacerých procesov, ktoré vyžadujú prístup k rovnakému objektu súčastne. Po inicializácii si aplikácia vytvorí maticu konečného stavového automatu, načítaním jednotlivých stavov a prechodových funkcií z konfiguračného súboru **configuration.txt**. Súbor obsahuje zmeny stavov ktoré nastanú pri volaní jednotlivých API funkcií. Následne aplikácia spustí modul na zber dát, ktorý monitoruje aké API sa volajú v systéme Windows. Pre jednoduchšie monitorovanie využívame voľne dostupnú knižnicu *Detours*. Aplikácia si nastaví počiatočnú hodnutu prechodného stavu, ktorý slúži na vyhodnocovanie prítomnosti *Process Hollowing-u*. Po nastavení všetkých počiatočných hodnôt aplikácia prejde na samotnú detekciu. Vlákno sa uspí na stanovenú dobu a po nastavení mutexu začína aplikácia samotný proces detegovania. Aplikácia si načíta najnovšie záznami z modulu na zber dát. Zo záznamu

aplikácia vyberie volanú API funkciu a zisťuje či k danej API existuje hodnota v matici konečného automatu. Ak áno, aplikácia zisťuje aktuálny prechodný stav a následne, pomocou konečného stavového automatu novú hodnotu na ktorú sa prechodný stav následne zmení. Po vykonaní zmeny nastane kontrola na existenciu ďalších záznamov v súbore ak súbor obsahuje ďalšie záznami, načíta si ďalší záznam a proces sa opakuje. Ak už aplikácia načítala všetky záznami spraví sa archivácia záznamov a aplikácia vyhodnocuje prechodný stav konečného stavového automatu. Ak prechodný stav nieje v konečnom stave mutex sa uvoľní a aplikácia čaká na ďalšie záznami z modulu na zber dát a cyklus sa opakuje. Keď sa prechodný stav dostane do konečného stavu aplikácia oznámi existenciu *Process Hollowing-u* a ukončí sa.

5.2 Modul na zber dát

Modul na zber dát predstavuje DLL knižnicu (**Hook.dll**) využívanú na vloženie do vybraného procesu, cez ktorú sa následne odchytávajú vybrané API funkcie zapísaním do textového súboru. Modul sa skladá z dvoch častí. Prvá časť predstavuje definície vybraných API funkcií, ku ktorým je následne definované aj ich pôvodné volanie. Okrem volania konkrétnej API funkcie aj do pripraveného textového súboru zapíše čas a volanú API funkciu vo **writeFunctionToFile**, ktoré sú následne použité v aplikácii na detegovanie prítomnosti *Process Hollowing-u* v bežiacom procese.

```
void writeFunctionToFile(std::string originalFunkcion)
{
   DWORD ret = WaitForSingleObject(hMutex, INFINITE);

   if (ret == WAIT_OBJECT_0)
   {
      time_t now = time(NULL);
      tm* ltm = localtime(&now);
      std::ofstream myFile("api_data.txt", std::ofstream::app |
          std::ofstream::out);

      if (myFile.is_open())
      {
         myFile << ltm->tm_hour << ":" << ltm->tm_min << ":" << ltm->tm_sec <<
             ";" + originalFunkcion << endl;
         myFile.close();
      }
```

```
      ReleaseMutex(hMutex);
   }
}
```

Výpis č. 1 Implementácia funkcie writeFunctionToFile.

Druhá časť aplikácie už slúži len na nahradenie pôvodnej volanej API funkcie (modifikovanou funkciou), ktorá je rozšírenia o zapisovanie volanej API do súboru. Pôvodnú funkciu *SetThreadContext* určenú na nastavenie *Instriction Pointer* v tomto module nahradíme funkciou *HookSetThreadContext*, ktorá okrem volania pôvodnej funkcie volá aj funkciu **writeFunctionToFile** na zapísanie API funkcie do predpripraveného súboru.

```
static BOOL(__stdcall *RealSetThreadContext)(HANDLE, const CONTEXT*) =
    SetThreadContext;

BOOL WINAPI HookSetThreadContext(HANDLE hThread, const CONTEXT* lpContext)
{
   writeFunctionToFile("SetThreadContext");
   return RealSetThreadContext(hThread, lpContext);
}
```

Výpis č. 2 Definícia API volania SetThreadContext.

```
switch (ul_reason_for_call)
{
   case DLL_PROCESS_ATTACH:
   {
      DetourAttach(&(PVOID&)RealSetThreadContext, HookSetThreadContext);
      DetourTransactionCommit();
      break;
   }
   case DLL_PROCESS_DETACH:
   {
      DetourDetach(&(PVOID&)RealSetThreadContext, HookSetThreadContext);
      DetourTransactionCommit();
      break;
   }
}
```

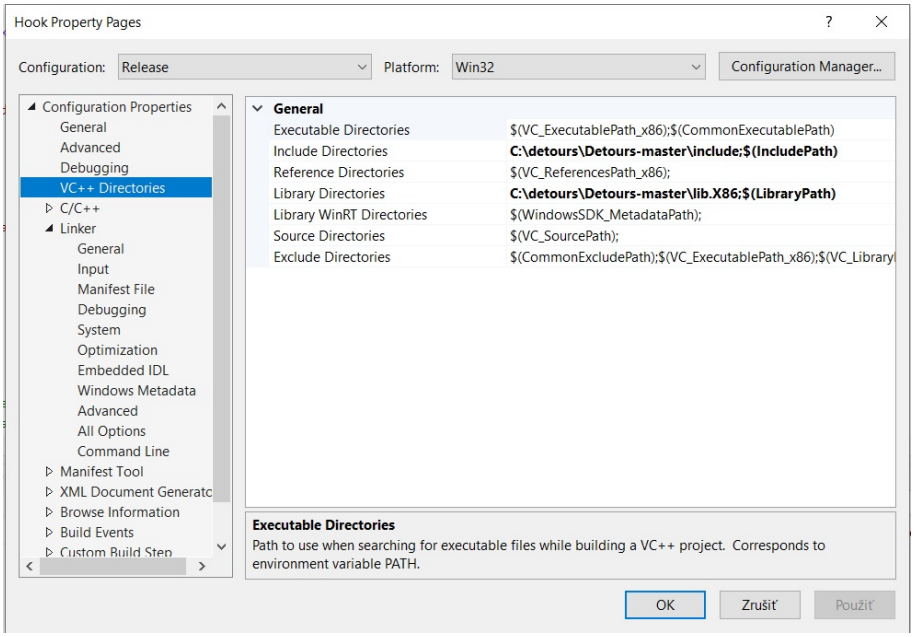
Výpis č. 3 Nahradenie pôvodnej funkcie SetThreadContext.

```
HANDLE mutexOnThreadSafe;
mutexOnThreadSafe = CreateMutex(NULL, FALSE, TEXT("MutexOnThreadSafe"));
```

Výpis č. 4 Inicializácia mutexu.

5.3 Detours

Detours je knižnica určená na monitorovanie a inštruovanie API volaní v systéme Windows. Okrem základných funkcií Detours obsahuje funkcie na úpravu importnej tabuľky DLL ľubovoľného binárneho súboru, pripojenie ľubovoľných údajov k existujúcim binárnym súborom a slúži na načítanie DLL do nového procesu. [?] Táto knižnica podporuje rovnako 32 tak aj 64 bitovú verziu Windowsu. *Detours* uľahčuje prácu vývojárom, ktorý pracujú s rozhraním API volaní. Knižnica sa aplikuje dynamicky za behu programu. Detours nahrádza volanie cieľovej funkcie skokom na používateľom zadanú funkciu. Kód cieľovej funkcie je modifikovaný v pamäti, nie na disku, čo umožňuje zachytávanie funkcií. [?] Po načítaní do procesu môže DLL knižnica nahradiť akúkoľvek funkciu v procese, ako sú napríklad rozhrania Windows API.



Obrázok 5: Ukážka pridania knižnice Detours do aplikácie.

6 Výsledky

Našu aplikáciu sme testovali v prostredí *Virtual Box*, na systéme Windows 10. Hlavným cieľom testov bolo vyskúšať naše riešenie na reálnych vzorkách škodlivého kódu, ktorý využíva *process hollowing*. Pred samotnými testami s reálnymi vzorkami sme počas vývoja a experimentovania pracovali s ukážkovou implementáciou metódy *process hollowing*, dostupnej na [**?**]. Táto aplikácia dokáže injektovať ľubovolný spustiteľný kód do procesu zadaného prostredníctvom argumentov príkazového riadku. Po dokončení prvotných experimentov, kedy sme úspešne detegovali *process hollowing* na testovacej aplikácii, sme sa posunuli na škodlivé vzorky. V nasledujúcej kapitole uvádzame popis experimentov so škodlovými vzorkami a výsledky, ktoré sme dosiahli.

6.1 Škodlivé vzorky

Primárnym cieľom experimentov bolo otestovať, či naše riešenie dokáže detegovať injektovanie kódu pomocou techniky *process hollowing* aj na reálnych vzorkách. Prvým krokom bolo získať nejaké vzorky, ktoré danú techniku využívajú. Tieto informácie sme získavali z rôznych blogov, resp. služieb ktoré sa venujú dynamickej analýze malvéru v sandboxe ako napr. *any.run*[**?**]. Samotné vzorky sme následne získavali z [**?**, **?**]. V tabuľke č.3 môžeme vidieť výsledky, ktoré sme dosiahli.

Názov vzorky	**MD5**	**Detekcia**	**Čas**
MSIL/Injector.DXQ	706630a77f06ef8fb90eb312fa2cbfe6	✓	2,203 s
MSIL/Kryptik.FQF	3f385d11f6b438ea963cd49e818b9d90	✓	1,655 s
MSIL/Injector.DXQ	9e298807729dff89b56f68f4d42ffd93	✓	1,101 s
Win32/Spy.Zbot.JF	3cfc97f88e7b24d3ceecd4ba7054e138	✗	-
Win32/Kryptik.AVWC	0d42179ff6c448697b67056aecc91c67	✗	-
Win32/Spy.Zbot.YW	ec2dacdbcf194c1e8c8db2dbec605b83	✗	-
Win32/Kryptik.GLKL	6c129b7ed58900286d6cd3a4e85ca15b	✗	-
Win32/Filecoder.Natas.A	f592e7faba96a23ee25ff25f3779f44f	✗	-

Tabuľka 3: Výsledky experimentov so škodlivými vzorkami.

Samotné experimenty prebiehali následovne. Do predpripraveného adresára sme si pripravili našu finálnu aplikáciu spolu so vzorkami. Našu aplikáciu sme spúšťali vždy s jednou konkrétnou vzorkou. Po spustení, detekčná aplikácia injektovala nami vytvorený DLL súbor, určený na sledovanie API volaní, do konkrétnej vzorky. Časový limit na jednu vzorku sme si stanovili na 5 minút. Ak za tento čas aplikácia nehlásila prítomnosť techniky *process hollowing*, výsledok detekcie sme označili za negatívny a proces ukončili.

Každá vzorka, ktorá sa dostala postupne do posledného stavu v konečnom automate bola označená ako správne detegovaná.

6.2 Vyhodnotenie

Z nami vybraných vzoriek aplikácia správne detegovala tri vzorky. Zvyšné vzorky však neboli detegované. Ako môžeme vidieť v tabuľke č.3, čas detekcie v prípade spomínaných troch vzoriek bol krátky. Otázkou však ostávajú zvyšné vzorky, ktoré sa nám nepodarilo detegovať. Príčin môže byť viacero. Prvým dôvodom môže byť, že vzorka používala určitú variáciu techniky *process hollowing*, s ktorou náš konečný automat nepočítal. Otázne môžu byť aj informácie uvedené v blogoch a skutočnosť či dané vzorky skutočne obsahovali injektovanie pomocou *process hollowing*.

Jednou z príčin môže byť taktiež fakt, že niektoré vzorky nemusia vykonávať *process hollowing* priamo. To znamená že daná vzorka môže napr. ukladať spustiteľný súbor na disk a ten následne spúšťať. Injektovanie môže byť následne až v tom druhom procese, v ktorom už nemáme vložený náš DLL súbor a teda nedokážeme sledovať API volania. Niektoré vzorky taktiež zvyknú sťahovať škodlivé súbory z URL adresy. Detailnejšou analýzou sme sa však v práci nezaoberali.

Záver

Cieľom práce bolo naštudovať a zmapovať aktuálne techniky využívané na ukrytie súčasným malvérom. Obznámiť sa bližšie s technikou *Process Hollowing* na ukrývanie malvéru. Oboznámiť sa s existujúcimi algoritmami na detegciu a navrhnúť vlastný algoritmus na detekciu tejto vybranej techniky. Naprogramovať algoritmus zhodnotiť výsledky a porovnať s existujúcimi riešeniami.

V súčastnosti malvéry využívajú rôzne sofistikované techniky ukrytia svojej činnosti v počítači. Z týchto techník sa najčastejšie využívajú *DLL Injection*, *Proces Hollowing*, *Portable Executable Injection* a *Thread Execution Hijacking*. Tieto techniky sú stále zdokonaľované a využívané. Nami vybranou technikou ktorou sme sa v práci zaoberali bol *Process Hollowing*. Mohli sme sa bližie oboznámiť s touto technikou a aj existujúcimi riešeniami a navrhnúť vlastný algoritmus na detekciu. Nami navrhnutý algoritmus predstavoval konečný stavový automat. Algoritmus bol založený na sledovaní vybraných API funkcií s ktorými mohla technika *Process Hollowing* najčastejšie pracovať. ALgoritmus využíval DLL, ktoré slúžilo na sledovanie volaných API vybraným procesom a následným vyhodnocovaním týchto API konečným stavovým automatom. Výsledky na reálnych vzorkách poukazujú čiastočný úspech v možnosti detegovania *Process Hollowing-u* týmto spôsobom. Neúspešné pokusy na vybraných vzoriek mohli byť spôsobené viacerými faktormi. Vzorka mohla byť len prechodné úložisko, nefunkčné pripojenie na servery. Chýbajúce API v konečnom stavovom automate. Porovnanie s exitujúcimi riešeniami nieje možné pretože sú určené len na forenznú analýzu, narozdiel od nami navrhnutého riešenia, ktoré pracuje v reálnom čase na bežiacich vzorkách.

Práca, môže byť rozšírená o ďalšie sledované API funkcie. Ktoré môžu prispieť k lepšej detekcii vybranej techniky. Detailnejšie zmapovať dôvody neúspechov na vybraných vzorkách a navrhnúť zlepšenie na fixovanie týchto problémov. Práca sa zaoberala sledovaním jedného konrétneho procesu, navrhnúť a realizovať sledovanie viacerých procesov naraz v počítači.

Zoznam použitej literatúry

[1] Cimpanu, C. Emotet, today's most dangerous botnet, comes back to life. *Zero Day* (2019).

[2] Cloudflare. What is the mirai botnet?

[3] Endgame. Ten process injection techniques: A technical survey of common and trending process injection techniques.

[4] Eranhimonyshakedreiner. Loki number seven - loki malware keeps stealing your credentials. *CYBERARK* (2018).

[5] Eset. Malver.

[6] kaspersky. Zeus virus.

[7] Labs, M. Mcafee atr analyzes sodinokibi aka revil ransomware-as-a-service & what the code tells us.

[8] Lewis, N. What new technique does the osiris banking trojan use?

[9] MalwareBytes. Emotet.

[10] Microsoft. Processthreadsapi.h header - win32 apps.

[11] Osborne, C. New dridex malware strain avoids antivirus software detection. *Zero Day* (2019).

[12] SALEM, E. Astaroth malware uses legitimate os and antivirus processes to steal passwords and personal data. *cybereason* (2019).

[13] Sikorski M, Honig A. *PRACTICAL MALWARE ANALYSIS*. no starch press.

[14] Yaroslav Harakhavik, N. F. Osiris: An enhanced banking trojan.

Prílohy

A Štruktúra elektronického nosiča

pozor tu nema byt ziadny vypis jednotlivych suborov len zoznam s polozkami, napr. priecinok src obsahuje zdrojove kody, bp.pdf pracu atd