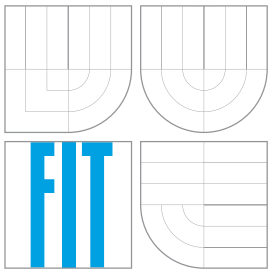
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

VIZUALIZACE SÍŤOVÝCH BEZPEČNOSTNÍCH UDÁLOSTÍ

VISUALIZATION OF NETWORK SECURITY EVENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR STEHLÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL KROBOT

BRNO 2016

Abstrakt

Do tohoto odstavce bude zapsán výtah (abstrakt) práce v českém jazyce.

Abstract

Do tohoto odstavce bude zapsán výtah (abstrakt) práce v anglickém jazyce.

Klíčová slova

Sem budou zapsána jednotlivá klíčová slova v českém jazyce, oddělená čárkami.

Keywords

Sem budou zapsána jednotlivá klíčová slova v anglickém jazyce, oddělená čárkami.

Citace

Petr Stehlík: Vizualizace síťových bezpečnostních událostí, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2016

Vizualizace síťových bezpečnostních událostí

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Pavla Krobota. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Petr Stehlík
13. dubna 2016

Poděkování

V této sekci je možno uvést poděkování vedoucímu práce a těm, kteří poskytli odbornou pomoc (externí zadavatel, konzultant, apod.).

Obsah

Kapitola 1

Úvod

Počítačové sítě, zejména Internet, v dnešním světě zaujímají jednu z nejvýznamnějších rolí. Počínaje výzkumem a vědeckými experimenty, konče běžným životem většiny lidí. Jen za posledních deset let se počet uživatelů Internetu více než ztrojnásobil z cca jedné miliardy lidí na tři miliardy. Počítačové sítě propujují celý svět a jsou neustále rozšiřovány, vylepšovány a modernizovány. To vede k větším nárokům na použité technologie a zdroje.

Avšak se zvyšujícím počtem uživatelů roste i počet útoků na různé počítačové sítě, kterými se útočníci snaží získat informace či poškodit oběť. Síťový útok[13] je definován jako záměrný akt, kde se entita snaží překonat bezpečnostní služby a porušit bezpečnost systému. Vznikají tím pádem systémy na detekci takovýchto útoků, aby správcí sítí dokázali reagovat na vzniklou situaci.

Jeden z těchto systémů vznikl ve sdružení CESNET s názvem NEMEA (Network Measurements Analysis). Tento systém analyzuje síťový provoz a zaznamenává podezřelé toky jako agregované události do databáze. Na větší síti (stovky až tisíce připojených zařízení) je takovýchto událostí vytvořeno až několik tisíc denně. S tím nastává problém jak dané události jednoduše analyzovat a rozpoznat na jaké události se zaměřit a na které nebrát zřetel.

Pro efektivní analýzu velkého množství dat je nejvhodnější vizualizace dle vhodných metrik. Cílem této bakalářské práce je vytvořit aplikaci pro vizuální analýzu bezpečnostních událostí na síti monitorované systémem NEMEA.

Důležitým aspektem vytvořené aplikace je důraz na použití moderních knihoven podporující tvorbu dynamických webových aplikací, které jsou dostupné na různých typech zařízeních. Společně s tím je kladen důraz na uživatelskou přívětivost a jednoduchost prostředí, ve kterém bude probíhat vizuální analýza událostí.

Celou aplikaci navíc bude možno libovolně přizpůsobit tak, aby vyhovovala potřebám daného správce sítě. V aplikaci bude zavedena technika *drill-down*, která napomáhá rychlé a přehledné analýze velkého množství dat bez ztráty informací o analyzované události. Drill-down spočívá v postupném zvyšování rozlišení dat, která analyzujeme a postupujeme směřem shora dolů.

Aplikace bude pracovat s konkrétním formátem dat nazvaný IDEA. Tento formát dat je specifikován sdružením CESNET a slouží jako prostředek pro sdílení dat bezpečnostních událostí mezi různými systémy. Díky tomu lze systém kdykoliv přenést na jiný zdroj databáze než je systém NEMEA, např. v rámci sdružení CESNET na systém Warden nebo Mentat.

Aplikace bude integrována do současného NEMEA systému pod názvem NEMEA Dashboard a bude s ním společně distribuována jako front end celého systému.

Kapitola 2

Monitoring sítě

V rozlehlejších sítích jako je např. páteřní či firemní síť je téměř nutností monitorovat a analyzovat provoz na síti, abychom byli informování o jejím aktuálním stavu, vytížení a zejména negativních vlivech na monitorovanou síť. Samozřejmě i sítě menšího rozsahu by měly být monitorované. Pokud se v malé firmě podaří útočníkovi infiltrovat síť, výsledky útoku mohou být pro firmu likvidační.

Systém pro odhalení průniku (anglicky „Intrusion Detection System“, zkráceně IDS)[10] je takový systém, který analyzuje zachycený provoz a identifikuje podezřelý provoz, který dále může klasifikovat. IDS může být dvojího typu.

Prvním typem je detekce anomálií, který má výhodu v možnosti detekce jak známých, tak neznámých útoků. Nevýhodou je, že často může označit neškodný provoz za útok. Tomu se snaží předejít učením a tvorbou datové sady pro rozpoznání škodlivého provozu.

Druhým typem IDS je detekce založená na pravidlech. Tyto pravidla jsou pevně daná a systém pouze porovnává síťový provoz s danými pravidly. Nevýhodou takového systému je neschopnost detekce neznámých útoků. Některé IDS kombinují oba přístupy a tvoří tak hybdridní IDS, který je založen jak na pravidlech, tak na detekci anomálií.

Systém prevence průniku (anglicky „Intrusion Prevention System“, neboli IPS)[10] je narozdíl od IDS aktivním prvkem v počítačové síti. Nejen že detekuje útoky na síť, ale navíc je aktivně blokuje, případně odklání na speciální uzel v síti pro hlubší analýzu útoku.

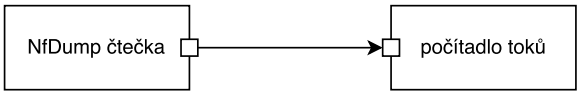
(N)IDS

2.1 NEMEA

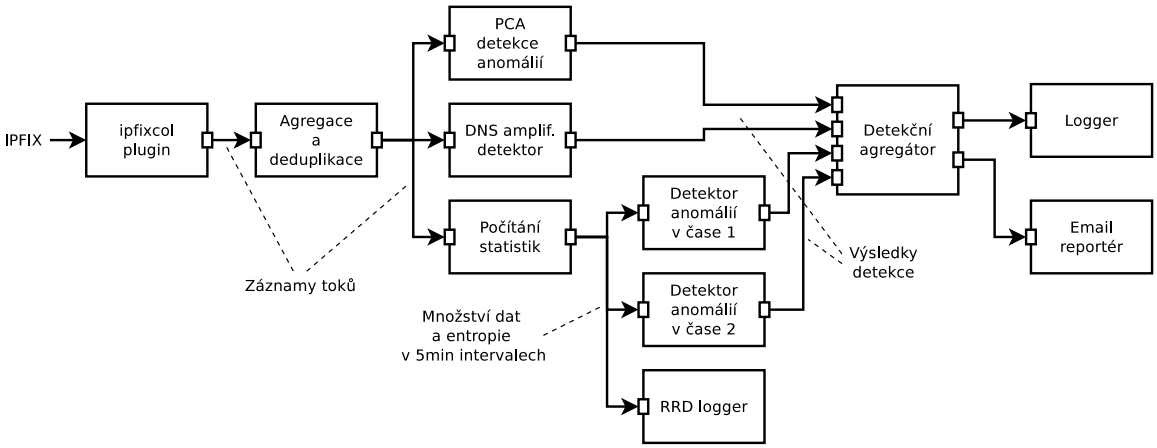
Network Measurements Analysis, zkráceně NEMEA, je systém, který dovoluje složit ucelený systém pro automatizovanou analýzu toků získaných ze síťového monitoringu v reálném čase. Systém NEMEA je zejména monitorovacím nástrojem, ale slouží i jako IDS.

Systém se skládá z oddělených stavebních bloků nazývané moduly. Tyto jednotlivé moduly jsou následně propojeny pomocí rozhraní.

Moduly jsou nezávislé pracovní jednotky, které obecně přijímají proud dat na svých vstupech, zpracují či zanalyzují daná data a následně je odešlou ze svých výstupních rozhraní jako proud dat pro další moduly. Modul může například tvořit statistiky o přijatých datech a na základě těchto statistik detekovat určité typy síťového útoku. Detekovaný útok je popsán datovým záznamem, který je odeslán přes výstupní rozhraní dalším modulům, které s daným záznamem dále pracují, např. jej uloží v IDEA formátu (viz sekce 2.2) do databáze nebo ze získaných statistik dokáží detekovat anomálie v síťovém provozu a do-



Obrázek 2.1: Minimální příklad NEMEA systému obsahující pouze dva moduly.



Obrázek 2.2: Komplexní příklad NEMEA systému, který kolektuje data, předzpracovává je, provádí detekci anomálií a útoků a následně detekované události ukládá a reportuje.

káží tak jednotlivé pokusy od jednoho útočníka agregovat a zpracovat jej jako jediný útok skládající se z několika desítek až stovek pokusů o útok, které odděleně nemají význam a administrátor sítě by je snadno přehlédl nebo ignoroval.

Jednotlivé moduly nemají osamoceně velký význam, ale pokud tyto moduly spojíme ve složitější systém, získáme komplexní nástroj na aktivní analýzu síťových dat schopný detekovat a identifikovat útoky na monitorovanou síť, který následně detekované útoky uloží do databáze a webová aplikace, kterou v této práci navrhujeme, uložené útoky zobrazí.

NEMEA je také schopná přístupu „store-and-ex-post“, který lze vidět na obrázku 2.1. Jsou zde dva moduly spojené jedním rozhraním. První modul čte záznamy toků ze souboru a druhý modul počítá statistiky těchto přečtených toků. Tento přístup je charakteristický tím jak nakládá se síťovými daty. Ty prvně uloží a až poté začíná systém s analýzou dodaných síťových dat.

Oproti proudovému zpracování síťových dat je tento systém náročnější na datový prostor, ale analýza je přesnější a daleko méně náročná na výkon stroje, zejména v případě pokročilejší analýzy. Pokud bychom vykonávali proudové zpracování dat, je zde i velká náročnost na operační paměť, pokud chceme analyzovat velké časové rámce.

Z takto základních bloků lze postavit i velmi komplexní systém jak je vidět na obrázku 2.2, kde jsou data přijímána v reálném čase z IPFIX[14] kolektoru. Data jsou předzpracována, analyzována několika algoritmy a následně jsou vytvořeny události, které jsou nahlášeny. Každá z těchto úloh je jeden modul, který může být znovu použitý na několika různých místech. Tím se šetří zdroje a nároky na tvorbu modulů.

2.1.1 Modul

Každý modul je samostatný program nezávislý na ostatních. To sice zvyšuje nároky na systém, ale dovoluje větší variabilitu při návrhu modulu. Ten je, díky tomuto návrhu, možno naprogramovat v libovolném jazyce, sledovat a řídit spotřebu zdrojů každého modulu zvlášť

a zejména v případě nefungujícího modulu se celý systém NEMEA dokáže zotavit z chyby naprosto bez problémů. Modulární systém navíc dovoluje přidávat a odebírat jednotlivé moduly za běhu, což je v produkčním prostředí jedna ze základních vlastnostní kvalitního monitorovacího systému.

Při zapojení a startu nového modulu se modul periodicky snaží připojit na definované rozhraní. Pokusy o spojení jsou sledovány NEMEA Supervisorem, kterým lze spravovat všechny moduly v systému a pokud se modulu nepodaří po několika pokusech připojit na rozhraní, je modul ukončen.

2.1.2 Rozhraní

Všechny rozhraní jsou výhradně jednocestná a přenos dat je realizován formou jednotlivých záznamů. Všechny záznamy poslané přes jedno konkrétní rozhraní mají vždy stejný formát, nicméně mezi rozhraními se formát může lišit.

Protokol pro dynamickou tvorbu formátu je nazván UniRec. Ten specifikuje nejen formát záznamu, ale také jak záznam vytvořit a jak zpracovat.

Pro tvorbu rozhraní je vytvořena sdílená knihovna libtrap, která využívá Traffic Analysis Platform (zkráceně TRAP) pro komunikaci mezi různými rozhraními.

UniRec

2.2 IDEA

Pro potřebu sdílení informací o síťových událostech mezi různými skupinami a zařízeními (např. honeypoty, analyzéry systémových zpráv, analyzéry provozu na síti, netflow sondy a další) existuje několik formátů záznamu pro takovéto události. Nicméně žádný z nich není natolik univerzální, aby byl vždy a všude použitelný a pokud se k takovému formátu blíží, tak není natolik detailní, aby pokryl všechny důležité informace.

IDEA, neboli Intrusion Detection Extensible Alert, je formát záznamu síťové události specifikovaný sdružením CESNET. IDEA si klade za cíl specifikovat takový formát záznamu, který je univerzální, přenositelný, ale zároveň dost konkrétní a snadno pochopitelný bez potřeby rozsáhlé dokumentace k jednotlivým polím.

Vzorový záznam generovaný systémem NEMEA je vyobrazený ve výpisu 2.1. Jak je vidět, formát je specifikovaný jako JSON dokument, aby byl přehledný, čitelný v běžné podobě (narozdíl od binárních formátů), lehce přenositelný a efektivní (např. oproti XML[9]).

2.3 Další monitorovací systémy

Na trhu jsou v současné době různá dostupná řešení pro detekci a vizualizaci síťových bezpečnostních událostí, nicméně valná hromada z nich je komerční a hlavně vázaná na konkrétní hardware od daného výrobce. Klient tudíž většinou nekupuje software, ale hardware s přiloženým software.

Komerčně dostupný produkt je např. Flowmon[2] ADS[6] od stejnojmenné společnosti. Flowmon je spin-off společností z projektu Liberouter ze sdružení CESNET. Jejich sondy a kolektory využívají technologie vytvořené ve sdružení CESNET jak z hlediska hardware, tak software. Dalším komerčním řešením je Cisco Secure IDS[1], dříve známý jako Cisco NetRanger.

```
{
    "Format" :      "IDEA0",
    "ID" :          "73e0b136-aeb8-4aae-bb80-9bfb4f258847",
    "Category" :    ["Availibility.DDoS"],
    "Description" : "DNS amplification",
    "EventTime" :   "2016-04-07T22:19:25Z",
    "CreateTime" :  "2016-04-07T22:34:52Z",
    "CeaseTime" :   "2016-04-07T22:34:38Z",
    "DetectTime" :  "2016-04-07T22:34:38Z"
    "PacketCount" : 393,
    "Source" : [{
        "IP4" : ["192.1.0.201"],
        "Proto" : ["udp","dns"],
        "OutPacketCount" : 393,
        "InPacketCount" : 767
    }],
    "Target" : [{
        "Proto" : ["udp","dns"],
        "IP4" : ["10.0.0.135"],
        "InPacketCount" : 393
    }],
    "Node" : [{
        "SW" : ["NEMEA","amplification_detection"],
        "Name" : "cz.cesnet.nemea.amplification_detection"
    }],
    "Type" : ["Flow","Statistical"],
}
```

Listing 2.1: Vzorový IDEA záznam ze systému NEMEA. Některé části byly vynechány nebo zkráceny a IP adresy změněny na lokální.

Open source projekty jako NEMEA jsou dostupné mnoho let, ale pouze několik z nich dosáhlo znatelnějšího rozšíření v komunitě síťových správců. Nejvýznamnějšími jsou systémy Snort[12], VERMONT[7] a framework Bro[11].

Snort

Tento open-source projekt, od roku 2013 vlastněn firmou Cisco[3], je možno konfigurovat ve 3 hlavních režimech[4]: „sniffer“, paket logger a jako (N)IDS. V režimu IDS Snort pracuje principiálně velmi podobně jako systém NEMEA. Zachytává síťový provoz, ukládá si důležité informace o něm a analyzuje jej. Ve výsledku ukládá záznamy o síťových událostech. Nicméně Snort není modulárním systémem a tudíž není tak flexibilní a není stavěný na vysokorychlostní rozsáhlé sítě jako systém NEMEA.

VERMONT

VERMONT (Versatile Monitoring Toolkit) je modulární monitorovací systém obsahující IPFIX kolektor, exportér, analyzátor a další moduly a grafické prostředí pro vizuální analýzu dat. VERMONT byl vyvinut v rámci projektu HISTORY[5] a evropským projektem DIADEM firewall[8]. Svou architekturou je nejbližší systému NEMEA, protože je částečně

modulární. Systém NEMEA je oproti tomu modulární od samotného jádra systému, což dovoluje vyšší flexibilitu při vývoji a menší závislost na použitých technologií.

Bro

Dalším v komunitě rozšířeným řešením je framework Bro. Tento framework primárně určený pro síťovou analýzu není podobný systému NEMEA, ani předchozím systémům, protože je to spíše nástroj pro vytváření (N)IDS než-li ucelený systém. Bro se velmi blíží skriptovacímu jazyku (např. Perl) nebo unixovým nástrojům jako tcpdump nebo nfdump. Bro lze rozdělit na dvě vrstvy. První vrstvou je „Bro Event engine“, který analyzuje síťový provoz a generuje neutrální síťové události v podobě „byla vytvořena nějaká událost“.

Tyto neurčité události jsou následně analyzovány druhou vrstvou – „Bro Policy skripty“. V této vrstvě je naimplementovaný zmiňovaný skriptovací jazyk. V současné době existuje mnoho naprogramovaných skriptů, které jsou připraveny k okamžitému použití, včetně pokročilé analýzy síťového provozu.

V ranných fázích vývoje se systém NEMEA velmi blížil frameworku Bro, s vývojem času se ale NEMEA stala uceleným systémem připraveným k okamžitému nasazení na měřící body.

2.4 Shrnutí

V této kapitole jsme prezentovali systém NEMEA a jeho architekturu. Popsali jsme jeho nejdůležitější části, zejména jak vypadá modul a jeho komunikační protokol. Dále jsme popsali formát záznamu síťové bezpečnostní události IDEA, který je opěrným bodem pro ukládání dat v systému NEMEA v rámci analýzy událostí koncovým uživatelem. V poslední sekci jsme porovnali systém NEMEA s dalšími veřejně dostupnými monitorovacími systémy.

Kapitola 3

Technologie

3.1 Dostupné technologie

3.2 Výběr technologií

3.3 Zvolené technologie

Kapitola 4

Architektura aplikace

4.1 Případy užití

4.2 REST API

4.3 Databáze událostí

4.4 GUI

Kapitola 5

Implementace

5.1 Backend

5.2 Frontend

5.3 Zabezpečení

5.4 Distribuce

Kapitola 6

Dosažené výsledky

6.1 Názory uživatelů

6.2 Nasazení v praxi

Kapitola 7

Závěr

Závěrečná kapitola obsahuje zhodnocení dosažených výsledků se zvlášť vyznačeným vlastním přínosem studenta. Povinně se zde objeví i zhodnocení z pohledu dalšího vývoje projektu, student uvede náměty vycházející ze zkušeností s řešeným projektem a uvede rovněž návaznosti na právě dokončené projekty.

Literatura

[1] Carter, E.; Foreword By-Stiffler, R.: *Cisco secure intrusion detection systems*. Cisco Press, 2001.

[2] Čeleda, P.; Kováčik, M.; Koníř, T.; aj.: FlowMon Probe. *Networking Studies*, 2006: str. 67.

[3] Cisco Systems, I.: Cisco Announces Agreement to Acquire Sourcefire. 2013.
URL http://www.cisco.com/c/en/us/about/corporate-strategy-office/acquisitions/sourcefire.html

[4] Cisco Systems, I.: Snort Users Manual. 2016.
URL http://manual.snort.org/node2.html

[5] Dressler, F.; Carle, G.: History-high speed network monitoring and analysis. In *Proceedings of 24th IEEE Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM 2005), Miami, FL, USA*, 2005.

[6] Flowmon Networks, a.: Flowmon Anomaly Detection System. 2016.
URL
https://www.flowmon.com/cs/products/flowmon/anomaly-detection-system

[7] Lampert, R. T.; Sommer, C.; Münz, G.; aj.: Vermont-a versatile monitoring toolkit for IPFIX and PSAMP. In *Proceedings of the IEEE/IST Workshop on Monitoring, Attack Detection and Mitigation, MonAM*, ročník 6, 2006.

[8] Munz, G.; Fessi, A.; Carle, G.; aj.: DIADEM firewall: Web server overload attack detection and response. *Broadband Europe (BBEurope)*, 2005.

[9] Nurseitov, N.; Paulson, M.; Reynolds, R.; aj.: Comparison of JSON and XML Data Interchange Formats: A Case Study. *Caine*, ročník 2009, 2009: s. 157–162.

[10] Patil, S.; Rane, P.; Meshram, D. B.: IDS vs IPS. *IRACST–International Journal of Computer Networks and Wireless Communications (IJCNWC), ISSN*, 2012.

[11] Paxson, V.: Bro: a system for detecting network intruders in real-time. *Computer networks*, ročník 31, č. 23, 1999: s. 2435–2463.

[12] Roesch, M.; aj.: Snort: Lightweight Intrusion Detection for Networks. In *LISA*, ročník 99, 1999, s. 229–238.

[13] Shirey, R.: Internet Security Glossary, Version 2. RFC 4949, RFC Editor, Srpen 2007.
URL https://tools.ietf.org/html/rfc4949

[14] Velan Petr, K. R.: Flow Information Storage Assessment Using IPFIXcol. In *Lecture Notes in Computer Science 7279*, Springer, 2012, ISBN 978-3-642-30632-7.

Přílohy

Seznam příloh