

# Εργασία 1

Κωσταντίνος Σαΐτας - Ζαρκιάς - 2406

Οδυσσεύς Κρυσταλάκος - 2362

3 Απριλίου 2016

## Θέμα 1

i) Η αρχή του Kerchoff υποστηρίζει ότι η ασφάλεια ενός κρυπτοσυστήματος δεν πρέπει να βασίζεται στη γνώση του κρυπτοσυστήματος αλλά στη γνώση του μυστικού κλειδιού. Αναλυτικότερα, σε μία κατάσταση(;;) που η Αλίκη προσπαθεί να επικοινωνήσει με τον Μπομπ μέσω ενός μη ασφαλούς δίαυλου η Εύα έχει την δυνατότητα να υποκλέψει τα μηνύματα της Αλίκης αλλά να δεν μπορεί να τα διαβάσει καθώς δεν γνωρίζει το κλειδί με το οποίο έγινε η κρυπτογράφηση στο σύστημα που χρησιμοποιεί η Αλίκη και ο Μπομπ.

ii) Ορισμός τέλειας ασφάλειας κατα Shannon: Αν κάποιος έχει ολόκληρο το κρυπτογραφημένο μήνυμα  $c$ , δεν μπορεί να αποκτήσει καμία πληροφορία για το αρχικό μήνυμα  $m$ .

Ορισμός τέλειας ασφάλειας: Ο ορισμός μπορεί να δωθεί και με ένα υποθετικό παράδειγμα στο οποίο η Αλίκη στέλνει ένα μήνυμα  $m_0$  με τέλεια κρυπτογράφηση στον Μπομπ και δίνει στην Εύα το κρυπτογραφημένο μήνυμα  $c$ , το αρχικό μήνυμα  $m_0$  και ένα άλλο διαφορετικό μήνυμα  $m_1$ . Αν η Εύα δεν μπορεί να ξεχωρίσει το  $c$  αν προήλθε από το  $m_0$  ή το  $m_1$  και η επιλογή του σωστού βασίζεται σε πιθανότητα ακριβώς 50/50 τότε το κρυπτοσύστημα έχει τέλεια ασφάλεια.

iii) XKeyscore:

Το XKeyscore είναι ένα είδος μηχανής αναζήτησης για τους υπαλλήλους της NSA για την συλλογή πληροφοριών ενός στόχου από το ίντερνετ χωρίς την απαίτηση εντάλματος ή κάποιας υπογραφής ανώτερου πολιτειακού στελέχους. Το πρόγραμμα από μόνο του δεν παρεμβάλεται στις επικοινωνίες του στόχου που ορίζει ο χρήστης. Αντίθετα, μαζεύει τις πληροφορίες και υποκλέβει δεδομένα του στόχου από άλλες υπηρεσίες που αναφέρονται παρακάτω.

**F6:**

Συνεργασία CIA και NSA για αποστολές προς ξένους διπλωμάτες και πολιτικούς.

**FORNSAT:**

Υποκλοπή δεδομένων από ξένους δορυφόρους.

**Overhead:**

Συλλογή δεδομένων από κατασκοπικά αεροπλάνα, drones και δορυφόρους.

**SSO (PRISM):**

Συνεργασία NSA και ιδιωτικών εταιριών τηλεφωνιάς (π.χ Verizon) για την υποκλοπή δεδομένων και τηλεφωνικών συνομιλιών από οπτικές ίνες και κεραίες. Ένα πιο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι η επιχείρηση MUSCULAR που έχει ως σκοπό την ελεύθερη πρόσβαση της NSA στους servers της google και της yahoo.

**Επιθέσεις QUANTUM** κινούμενες από το τμήμα TAO της NSA που ασχολείται κατα κόρον με cyberwarfare και hacking.

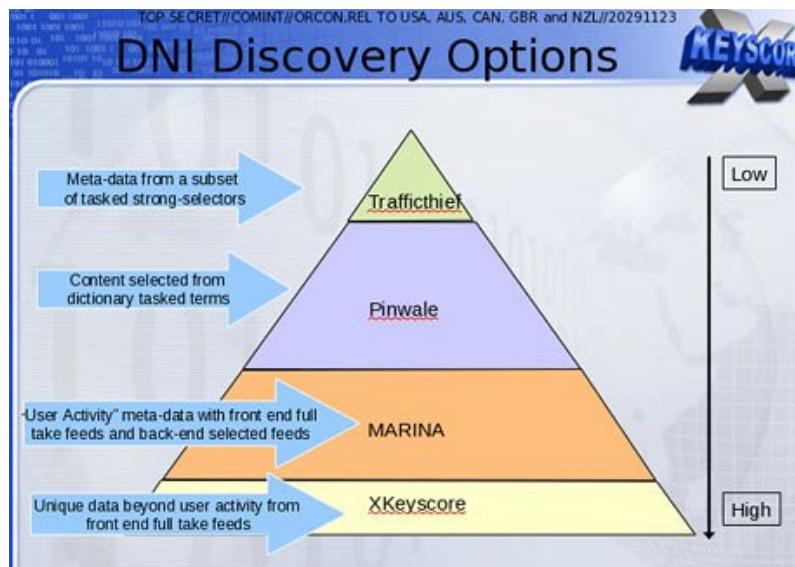
**Από άλλες συνεργαζόμενες κυβερνήσεις** όπως η Αυστραλία, ο Καναδάς, η Νέα Ζηλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Η συγκεκριμένη ομάδα αυτών των 5 χωρών μαζί με τις Η.Π.Α είναι γνωστή και ως Five Eyes ύστερα από την υπογραφή μυστικής συνθήκης στο τέλος του 2ου Παγκόσμιου Πολέμου για την μεταξύ τους διάθεση πληροφοριών για κατασκοπία. Ο Snowden περιέγραψε την Five Eyes ως μια πολυεθνική οργάνωση πληροφοριών που δεν ακολουθεί τους νόμους των χωρών από τις οποίες αποτελείται.

*Τεχνικές πληροφοριές:*

Διαμοιρασμένο σε μεγάλα clusters σε διάφορα σημεία του κόσμου με πάνω από 700 servers και έλεγχο περίπου 150 sites.

*Παραδείγματα δυνατοτήτων του προγράμματος:*

- Πρόσβαση σε ιστορικό και mail οποιουδήποτε.
- Παρακολούθηση της 'κίνησης' (traffic) σε οποιουδήποτε site.
- Real-time γεωλογικός εντοπισμός φορητών συσκευών με πρόσβαση στο διαδίκτυο.
- Ακολουθώντας το διαδικτυακό μονοπάτι του στόχου και συλλέγοντας δεδομένα από φόρμες που συμπληρώνει μπορεί να συλλέξει usernames και passwords για site που επισκέπτεται, να βρει την διεύθυνση του στόχου, τους φίλους του και τα ενδιαφέροντά του που τελικώς δημιουργούν ένα ολοκληρωμένο προφίλ (fingerprint) μοναδικό για τον κάθε στόχο.



Σχήμα 1: Miscellaneous D.N.I (Digital Network Intelligence - intelligence collected by Internet traffic) Software used by NSA and Five Eyes

#### iv) Ασφάλεια OTP

Το OTP δεν παραμένει ασφαλές αν χρησιμοποιηθεί το ίδιο κλειδί περισσότερες από μία φορές. Αυτό ισχύει για τους παρακάτω λόγους.

Αρχικά, σε περίπτωση που ο επιτηθέμενος, με κάποιον τρόπο, αποκτήσει ένα από τα δύο plaintext, μπορεί να αποκρυπτογραφήσει και το άλλο χρησιμοποιώντας το ίδιο κλειδί.

Ακόμη, αν ο επιτηθέμενος αποκτήσει πολλά μηνύματα που έχουν κρυπτογραφηθεί με το ίδιο κλειδί, μπορεί να επιχειρήσει την επίθεση που χρησιμοποιείται και στο κρυπτοσύστημα μετατόπισης. Δηλαδή, μπορεί να βρεί τις συχνότητες εμφάνισης χαρακτήρων και να επιχειρήσει να βρεί το κλειδί. Αυτό ισχύει διότι, χρησιμοποιώντας το ίδιο κλειδί, οι χαρακτήρες των δύο μηνυμάτων που βρίσκονται στις ίδιες θέσεις, έχουν υποστεί την ίδια μετατόπιση.

Τέλος, ο OTP είναι ασφαλής ακόμα και ενάντια σε brute force attacks καθώς, όλες οι πιθανές περιπτώσεις κλειδιού θα οδηγήσουν σε όλα τα πιθανά μηνύματα. Έτσι, ο attacker δεν μπορεί να γνωρίζει το πραγματικό περιεχόμενο. Αν όμως χρησιμοποιηθεί το ίδιο κλειδί, μπορεί να διαπιστωθεί αν ένα πιθανό κλειδί οδηγεί σε πραγματικό κείμενο και για τα δύο κρυπτομηνύματα. Αυτό, αν και δεν δίνει μεγάλο προβάδισμα στον

επιτιθέμενο, αυξάνει, έστω και λίγο, τις πιθανότητες να βρεί το αρχικό μήνυμα.

v) GCM

## Θέμα 2

Η άσκηση αυτή είχε ως στόχο την δημιουργία του αλγορίθμου κρυπτογράφησης RC4 και την κρυπτογράφηση ενός μηνύματος. Επίσης, δημιουργήθηκε μια συνάρτηση αποκρυπτογράφησης για τον έλεγχο της επιτυχούς κρυπτογράφησης.

### Θέμα 3

Αρχικά έγινε προσπάθεια εύρεσης του μήκους του κλειδιού που χρησιμοποιήθηκε για την κρυπτογράφηση. Χρησιμοποιώντας τον δείκτη σύμπτωσης (Index of Coincidence) που υλοποιήθηκε σε Python και έτσι βρέθηκε με μεγάλη βεβαιότητα ότι το μήκος του κλειδιού είναι 7 χαρακτήρες ( $IC = 0.06722$ ).

Έτσι το κείμενο διασπάστηκε σε 7 στήλες έτσι ώστε να ισχύει η ίδια μετατόπιση σε κάθε στήλη. Κάνοντας ανάλυση συχνοτήτων των χαρακτήρων κάθε στήλης, βρέθηκαν οι πιο συχνοί χαρακτήρες κάθε στήλης. Αυτοί είναι:

- I
- Q
- T
- I
- V
- S
- V

Αν θεωρηθεί ότι αυτοί οι χαρακτήρες αντιστοιχούν στο E (που είναι το γράμμα με την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης), τα κλειδιά που προκύπτουν σε κάθε στήλη είναι:

- Μετατόπιση 4 άρα κλειδί E
- Μετατόπιση 12 άρα κλειδί M
- Μετατόπιση 15 άρα κλειδί P
- Μετατόπιση 4 άρα κλειδί E
- Μετατόπιση 17 άρα κλειδί R
- Μετατόπιση 14 άρα κλειδί O
- Μετατόπιση 17 άρα κλειδί R

Παρατηρείται ότι σχηματίζουν τη λέξη EMPEROR και έτσι φαίνεται πως βρέθηκε το σωστό κλειδί. Με αποκρυπτογράφηση του μηνύματος με αυτό το κλειδί, προκύπτει το σωστό κείμενο

Αν το κλειδί που προέκυπτε από την παραπάνω ανάλυση ήταν λάθος, θα δοκιμάζονταν άλλοι συνδιασμοί βρίσκοντας τα δεύτερα πιο συχνά εμφανιζόμενα γράμματα κλπ.

## Θέμα 4

Εφόσον χρησιμοποιείται το σύστημα μετατόπισης, τα πιθανά κλειδιά είναι μόλις 23. Επομένως, με επίθεση ωμής βίας μπορούν να δοκιμαστούν όλα τα πιθανά κλειδιά. Βλέποντας τα αποτελέσματα, παρατηρείται ότι το κείμενο που προκύπτει χρησιμοποιώντας το κλειδί 3 είναι:

ΜΗΔΕΙΣΑΓΕΩΜΕΤΡΗΤΟΣΕΙΣΙΤΩΜΟΥΤΗΝΣΤΕΓΗΝ.

Αντίθετως, το κείμενο που προκύπτουν από τα υπόλοιπα κλειδιά δεν έχουν κάποιο νόημα. Έτσι έχουμε βρεθεί ότι το κλειδί είναι 3 και το κείμενο ΜΗΔΕΙΣ ΑΓΕΩΜΕΤΡΗΤΟΣ ΕΙΣΙΤΩ ΜΟΥ ΤΗΝ ΣΤΕΓΗΝ.

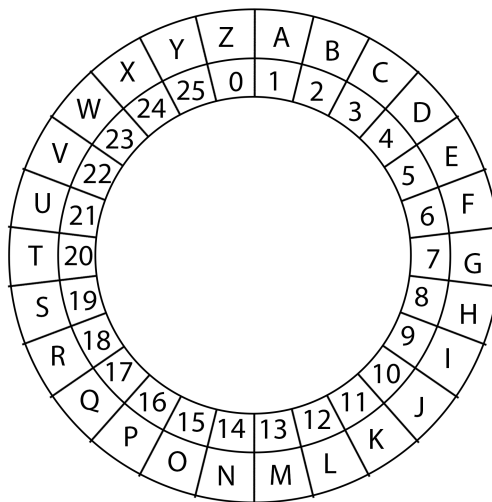
## Θέμα 5

Στο θέμα αυτό εξετάστηκε το ποσοστό του avalanche effect στον AES μεταξύ διαφόρων ζευγαριών μηνυμάτων που διέφεραν μεταξύ τους σε ένα bit. Συγκεκριμένα, 32 λέξεις/φράσεις μήκους 16 χαρακτήρων( 16 bytes με 5-bit κωδικοποίηση μετράπηκαν σε δεκαεξαδικό και ύστερα σε δυαδικά ψηφία και τροποιήθηκε ένα bit από την σειρά αυτή δημιουργώντας ένα παρόμοιο μήνυμα. Στην συνέχεια, τα αρχικά και τα τροποποιημένα μηνύματα κρυπτογραφήθηκαν με τον AES σε ECB mode και CBC mode για να εξαταστούν οι διαφορές σε επίπεδο bit του κρυπτογραφημένου αρχικού μηνύματος με το κρυπτογραφημένο τροποποιημένο μήνυμα. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για 32 λέξεις/φράσεις και βρέθηκε ότι το ποσοστό μεταλλαγμένων βιτς σε ECB mode ήταν 50.00 και σε CBC mode ήταν 50.00



## Θέμα 6

Η μέθοδος που ακολουθήσα για την αποκρυπτογράφηση του μηνύματος με οδήγησε στην δημιουργία τριών διαφορετικών μηνυμάτων που προέκυψαν αποκρυπτογραφώντας κάθε φορά το μήνυμα με ένα από τα γράμματα K, E και Y. Αναλυτικότερα, τα μηνύματα αυτά μπορούν να προκύψουν είτε από συνεχείς αλγεβρικές πράξεις με βάση τον τύπο  $X \bmod 26 - S_i$  όπου  $S_i : i = K, E, Y$  είτε με την χρήση του παρακάτω δίσκου σε μια κίνηση.



Ο δίσκος αυτός αναπαριστά το αλφάβητο σε κυκλική μορφή για την διευκόλυνση της εύρεσης του αποτελέσματος του mod26. Για παράδειγμα, θέλουμε να αποκρυπτογραφήσουμε το γράμμα A με βάση το γράμμα K. Αρχικά, σημειώνουμε την θέση του γράμματος A, δηλαδή το 1, και γυρνάμε τον εξωτερικό δαχτύλιο του αλφάβητου ως ότου το γράμμα με το οποίο αποκρυπτογραφούμε (σε αυτήν την περίπτωση το K να έρθει πάνω από τον αριθμό 1. Έπειτα, παρατηρούμε σε ποιόν αριθμό τώρα αντιστοιχεί το γράμμα A, δηλαδή το 16, και συμβολευόμαστε τον αρχικό δίσκο ποιο γράμμα βρίσκεται σε αυτόν τον αριθμό, δηλαδή το P.

## Θέμα 7

Χρησιμοποιήθηκε επίθεση ωμής βίας, δηλαδή δοκιμάστηκαν ως κλειδιά όλες οι λέξεις που βρίσκονται στο english.txt. Μετά απο αρκετές προσπάθειες βρέθηκε το κλειδί: secret.

## Θέμα 8

σηαδου

## Θέμα 9

(i)

Έστω  $K$  το keystream που χρησιμοποιήθηκε για την κρυπτογράφηση.

Έστω  $C$  το κρυπτογραφημένο κείμενο.

Για να βρεθεί το αρχικό κείμενο ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

Πρώτα, χρησιμοποιώντας το known plaintext  $ab$  για το κρυπτογραφημένο  $sq$ , μπορούν να βρεθούν τα bits 10-19 του  $K$ . Αυτό γίνεται κάνοντας XOR μεταξύ των 5-bit κωδικοποιήσεων των  $ab$  και  $sq$ .

Γνωρίζουμε πως τα bits  $K[10 : 20]$  που βρέθηκαν, είναι μία ανεστραμμένη κατάσταση του LFSR (λόγω της ιδιότητας του LFSR να βγάζει αντίστροφα τα bits των καταστάσεων μέσα στο  $K$ ). Συγκεκριμένα γνωρίζουμε ότι τα bits  $K[10 : 20]$  μας δίνουν την 10 κατάσταση του LFSR.

Έστω  $S$  η αντεστραμμένη ακολουθία των bits 10-19

Για να βρούμε το πλήρες keystream μπορούν να ακολουθηθούν δύο μεθοδολογίες:

- Αντίστροφο LFSR ξεκινώντας από την κατάσταση 10 μέχρι να βρεθεί το seed (κατάσταση 0)
- Εκτέλεση του LFSR με κλειδί το  $S$  και χρησιμοποίηση μόνο ενός τμήματος του stream

Για λόγους ευκολίας υλοποίησης, χρησιμοποιήθηκε η δεύτερη μεθοδολογία. Αναλυτικότερα, το  $K$  είναι το τμήμα του stream που έχει:

- Έναρξη:  $1023 - 10 = 1013$   
(Περίοδος του LFSR - μετατόπιση επειδή δόθηκε ως κλειδί η 10η κατάσταση)
- Μήκος:  $\text{len}(\text{Ciphertext}) * 5$   
(Αριθμός χαρακτήρων του κρυπτογραφημένου \* 5 bit ανά χαρακτήρα)

Έτσι προκύπτει το  $K$ . Κάνοντας XOR μεταξύ του  $K$  και του  $C$ , γίνεται γνωστό το αρχικό μήνυμα