UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA

Università degli Studi di Genova

Computer Security

Lorenzo Vaccarecci

2024-2025

Indice

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Information Security

- La sicurezza concerne la protezione degli **asset** dalle **minacce (threats)**
- I proprietari (**owners**) valorizzano i loro asset e vogliono proteggerli
- I proprietari analizzano le minacce e valutano i rischi. Questo aiuta la selezione di **contromisure** che riducono le **vulnerabilità**

$$Risk_E = P(E) \cdot I_E$$

Dove E è l'evento che rappresenta la minaccia, $P(E)$ è la probabilità che l'evento si verifichi e I_E è l'impatto che l'evento ha.

$$Risk_{Tot} = \sum_{e \in E} (P(e) \cdot I_e)$$

$P(\cdot)$ può essere:

- 0.7 - 1 : Alta
- 0.4 - 0.7 : Media
- ≤ 0.3 : Bassa

1.2 Security Properties

- Confidentiality: l'informazione non è conosciuta da non autorizzati, bisogna permettere solo a chi ne ha diritto attraverso **security policies**. Qualche volta si dice **privacy** per gli individui, **secrecy** per le organizzazioni, **anonymity** invece per nascondere l'identità.
- Integrity: l'informazione non deve essere modificata in modo malizioso.
- Authentication: i dati o i servizi devono essere accessibili solo da chi autorizzato. Solitamente il metodo di autenticazione è qualcosa che si ha, qualcosa che si conosce o qualcosa che sei (impronta digitale, firma, biometrica).
- Availability: i dati o i servizi devono esere accessibili e utilizzabili in qualsiasi momento. Questo significa che bisogna prevenire da attacchi DoS (**Denial of Service**)
- Accountability: le azioni sono registrare e rintracciabili dalle parti responsabili.

1.3 Protection Countermeasures

- Prevention: prevenire gli attacchi attraverso la progettazione di sistemi e impiegando tecnologie di sicurezza.
- Detection: i metodi principali sono il **logging** e il **MACs** (file hash per rilevare alterazioni).
- Response: varia dal ripristinare backup all'informare le autorità competenti o le parti coinvolte.
- Remediation

1.4 Managing security: implementing a solution

- Security Analysis: analizza le minacce che potrebbero compromettere l'asset e propone delle politiche e soluzioni a costi appropriati.
- Threat Model: documenta le possibile minacce al sistema, immaginando tutte le possibili vulnerabilità che possono essere sfruttate.
- Risk Assessment: valutazione quantitativa dei rischi.
- Security Policy: per ogni rischio si descrivono le contromisure da adottare.
- Security Solution: progettazione e implementazione delle tecnologie appropriate a costi appropriati.

Capitolo 2

Introduzione alla Crittografia

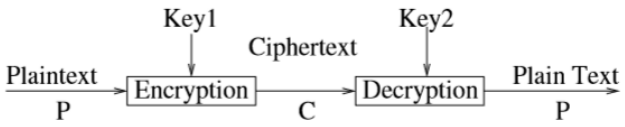
2.1 Concetti base

CIA: Confidentiality, Integrity, Authentication

- Confidentiality: l'informazioe rimane segreta
- Integrity: l'informazione non è alterata
- Authentication: i principali (Alice e Bob) sanno con chi stanno parlando

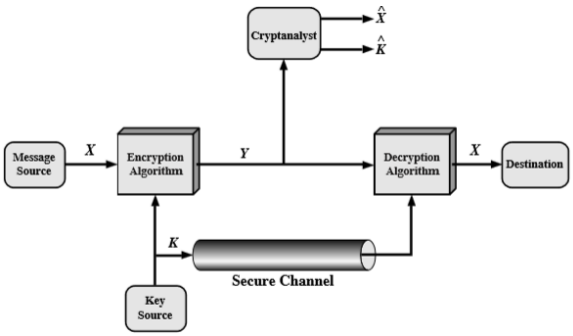
- Cryptology: lo studio di scritture segrete
- Steganography: la scienza di nascondere un messaggio in un altro messaggio
- Cryptography: la scienza di scrivere in modo segreto

2.2 Schema generale della crittografia



Dove $E_{key_1}(P) = C$ e $D_{key_2}(C) = P$.

- **La sicurezza dipende dalla segretezza (secrecy) della chiave non dell'algoritmo**
- Algoritmi Simmetrici: le due chiavi sono uguali oppure sono facilmente derivabili l'una dall'altra



Dove nel canale sicuro si invia la chiave e $\hat{X}$ è parte del messaggio decriptato e $\hat{K}$ è parte della chiave decriptata.

- Algoritmi Asimmetrici: le due chiavi sono diverse e non è possibile derivare una dall'altra e una chiave pubblica (**public key**) può essere distribuita senza compromettere le chiavi private (**private key**)
- Quando si costruisce un sistema crittografico bisogna presumere che l'algoritmo sia conosciuto, quindi la sicurezza dipende dalla chiave

2.3 Classificazione della sicurezza

- **Unconditional Security**: il sistema è sicuro anche se l'avversario ha potenza computazionale illimitata. La sicurezza è misurata in termini di teoria dell'informazione (information theory).
- **Conditional Security**: il sistema può essere violato se l'avversario ha abbastanza potenza computazionale. La sicurezza è misurata in termini di teoria della complessità (complexity theory).

2.4 Criptoanalisi

E' la scienza del recuperare il messaggio originale da quello criptato senza la chiave. L'obiettivo non è solo quello di recuperare il messaggio ma anche la chiave.

2.4.1 Brute-force attack

- E' sempre possibile: basta provare tutte le chiavi, solitamente sono $2^{\#bit}$ chiavi possibili se sono caratteri invece è una permutazione di $n!$ chiavi possibili.
- Costa molto, dipende dalla dimensione della chiave
- Presume che il messaggio decifrato sia conociuto o riconoscibile

2.4.2 Tipi di attacco

- **Ciphertext only**: l'aavversario conosce il testo cifrato e prova a dedurne la chiave
- **Known plaintext**: rispetto a ciphertext only, l'avversario conosce anche il testo decifrato
- **Chosen plaintext**: come sopra ma l'avversario può scegliere il testo cifrato
- **Adaptive chosen plaintext**: può, non solo scegliere il testo decifrato, ma può modificare il testo decifrato in base ai risultati della cifratura
- **Chosen ciphertext**: l'avversario può scegliere il testo cifrato e vedere il testo decifrato

2.5 Matematicamente

- $\mathcal{A}$ è l'alfabeto, un insieme finito
- $\mathcal{M} \subseteq \mathcal{A}^*$ è lo spazio dei messaggi. $M \in \mathcal{M}$ è un messaggio in chiaro
- $\mathcal{C}$ è lo spazio dei testi cifrati, il cui alfabeto può essere diverso da quello di $\mathcal{M}$
- $\mathcal{K}$ denota l'insieme delle chiavi
- $e \in \mathcal{K}$ deterima una funzione biettiva $e : \mathcal{M} \to \mathcal{C}$, la funzione di cifratura è denotata da E_e

- $\forall d \in \mathcal{K}, D_d : \mathcal{C} \to \mathcal{M}$, la funzione di decifratura è denotata da D_d ed è biettiva
- $D_d(E_e(M)) = E_e^{-1}(M) = M$

2.6 Cifrari a blocchi, a flusso e a codici

- **Block cipher**: è uno schema di cifratura che divide il messaggio in blocchi di lunghezza fissa t e cifra ogni blocco separatamente.
- **Stream cipher**: è uno schema di cifratura dove il blocco è di lunghezza 1 (un bit alla volta)
- **Code**: è uno schema di cifratura dove il messaggio è cifrato in blocchi di lunghezza variabile

2.7 Cifrari a sostituzione

- **Cifrario di Cesare**: ogni carattere del messaggio in chiaro viene sostituito dal carattere n a destra modulo 26 (26! possibili chiavi, molto poco sicuro)
- **ROT13**: è un cifrario di Cesare con $n = 13$
- **Alfanumerico**: si sostituisce ogni carattere con un numero

2.7.1 Esempio: Cifrario affine

- E' una sostituzione monoalfabetica tale che $E(m) = (a \cdot m + b) \mod |\mathcal{A}|$ dove a,b sono interi positivi e sono chiave del cifrario
- Per essere invertibile a deve essere coprimo con $|\mathcal{A}|$
- La decifratura è $D(c) = a^{-1}(c - b) \mod |\mathcal{A}|$ dove $1 = a \cdot a^{-1} \mod |\mathcal{A}|$

2.7.2 Cifrario a sostituzione omofono

Sostituisce ogni lettera a con una stringa scelta a caso da $H(a)$. Per decifrare una stringa c di t simboli, bisogna determinare a tale che $H(a) = c$. La chiave del cifrario è la funzione H.

Esempio

- $H(A) = \{1, 2\}$
- $H(B) = \{3, 4\}$
- $H(C) = \{5, 6\}$

ABC $\to$ 135 oppure 246 oppure 145 ecc.

2.7.3 Cifrario a sostituzione polialfabetica

E' un cifrario a blocchi con lunghezza t sull'alfabeto A

2.7.4 One-time pads (cifrario di Vernam)

E' un cifrario a flusso definito sull'alfabeto $\mathcal{A} = \{0, 1\}$ il messaggio è cifrato scegliendo casualmente una chiave k binaria di lunghezza uguale al messaggio m e facendo $c = m \oplus k$ dove $\oplus$ è l'operazione di XOR, $d = c \oplus k$ è la decifratura.
Le chiavi non vanno mai riutilizzate.
La funzione di cifratura $E(K, M)$ è **malleabile** se e solo se

$$F(E(K, M)) = E(K, G(M)) \quad \forall K, M$$

Esempio

La funzione $E(K, M) = K \oplus M$ è chiaramente malleabile. Se $F(X) = G(X) = N \oplus X$

$$F(E(K, M)) = N \oplus (K \oplus M) = K \oplus (N \oplus M) = E(K, N \oplus M) = E(K, G(M))$$

2.7.5 Cifrario a trasposizione

E' un cifrario che "mischia" (permutazione) le lettere del messaggio senza cambiarne il significato (delle lettere) (es. CIAO $\rightarrow$ OICA) per decifrare bisogna eseguire l'operazione inversa della permutazione.

2.7.6 Cifrario composito

I cifrari basati su sostituzione e trasposizione non sono sicuri però possono essere combinati, è difficile farlo "a mano" infatti sono state inventate le macchine cifranti.

Capitolo 3

Crittografia simmetrica

Capitolo 4

Message auth & Digital signature

Capitolo 5

Public key cryptography

Capitolo 6

Security protocols

Capitolo 7

Web security