cenni di crittografia

Alberto Ferrari – Big Data

crittografia

- ***crittografia***
  - κρυπτός (**nascosto**) e γραφία (**scrittura)**
  - metodo per rendere un messaggio non comprensibile a persone non autorizzate a leggerlo
  - il messaggio è definito ***crittogramma***
- ***crittoanalisi***
  - studio dei metodi per ottenere il significato di informazioni cifrate senza avere accesso all'informazione segreta
  - è la "controparte" della crittografia
- ***crittologia***
  - studio della crittografia e della crittoanalisi

chiave

- ***chiave***
  - informazione usata come parametro in un algoritmo crittografico
- unico ***dato*** che è necessario mantenere ***segreto***
- la dimensione della chiave (misurata in bit) dipende dall'algoritmo usato
- ***brute force***
  - attacco a forza bruta (ricerca esaustiva)
  - provare tutte le chiavi possibili
  - una chiave di n bit ha 2^n chiavi distinte

crittografia classica
(dall'antichità al 1975)

- ***metodi antichi***
  - scitala spartana
  - scacchiera di Polibio
  - codice atbash
  - codice di Cesare
- ***rinascimento***
  - Blaise Vigenère
- ***XX secolo***
  - macchina Enigma
    - usata dai tedeschi durante la Seconda Guerra Mondiale
  - DES (Data Encryption Standard)

crittografia moderna

- ***crittografia moderna***
  - nasce nel 1975 con un articolo di Diffie & Hellman
  - si propone un **nuovo protocollo per lo scambio delle chiavi (**tallone d'Achille della crittografia classica)
- rende possibile la trasmissione sicura di dati fra entità che non hanno concordato preventivamente le chiavi
- esempio:
  - RSA

crittografia classica

cifrari monoalfabetici

- cifrario a ***sostituzione monoalfabetica***
  - utilizza un alfabeto per il testo in chiaro e una ***permutazione*** dello stesso per il testo cifrato
  - la permutazione costituisce la chiave del sistema
  - ad ogni lettera del testo in chiaro viene associata la corrispondente lettera dell'alfabeto permutato

500-600 a.c. cifrario atbash

- ***atbash***
  - cifrario a sostituzione ***monoalfabetica***
  - la prima lettera dell'alfabeto è sostituita con l'ultima, la seconda con la penultima, e così via
- *testo in chiaro*:
  - **ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ**
- *testo cifrato*:
  - **ZYXWVUTSRQPONMLKJIHGFEDCBA**
  - esempio:
  - LEZIONI DI CRITTOGRAFIA
  - OVARLMR WR XIRGGLTIZURZ

python – atbash crittare un testo

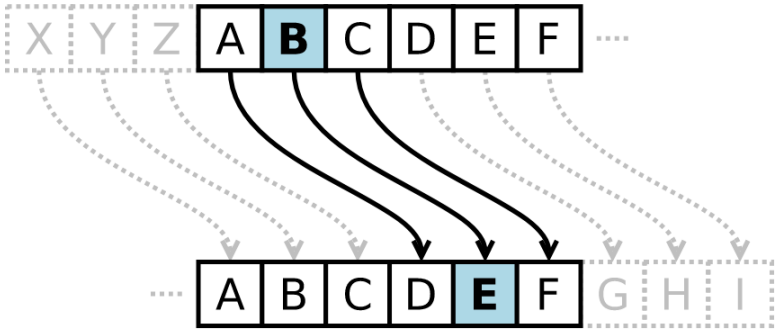
```
alfabeto = "abcdefghijklmnopqrstuvwxyz"
cifrato =  "zyxwvutsrqponmlkjihgfedcba"
testo = "big data"
testo_cifrato = ""
for c in testo:
    pos = alfabeto.find(c)
    if pos == -1:
        testo_cifrato = testo_cifrato + c
    else:
        testo_cifrato = testo_cifrato + cifrato[pos]
print('il testo:             ',testo)
print('viene crittato come:',testo_cifrato)
```

python – atbash decrittare un testo

```
testo_decifrato = ""
for c in testo_cifrato:
    pos = alfabeto.find(c)
    if pos == -1:
        testo_decifrato = testo_decifrato + c
    else:
        testo_decifrato = testo_decifrato + cifrato[pos]
print('il testo crittato:    ',testo_cifrato)
print('viene decrittato come:',testo_decifrato)
```

50-60 a.c. *metodo di Cesare*

- cifrario di ***Cesare***
  - cifrario a sostituzione monoalfabetica in cui ogni lettera del testo in chiaro è sostituita nel testo cifrato dalla lettera che si trova un certo numero di ***posizioni successive*** nell'alfabeto
- Cesare utilizzava uno spostamento di ***3*** posizioni (CHIAVE 3)
- testo in chiaro:
- ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
- testo cifrato:
- DEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZABC
- esempio:
  - **LEZIONI DI CRITTOGRAFIA**
  - **OHCLRQL GL FULWWRJUDILD**



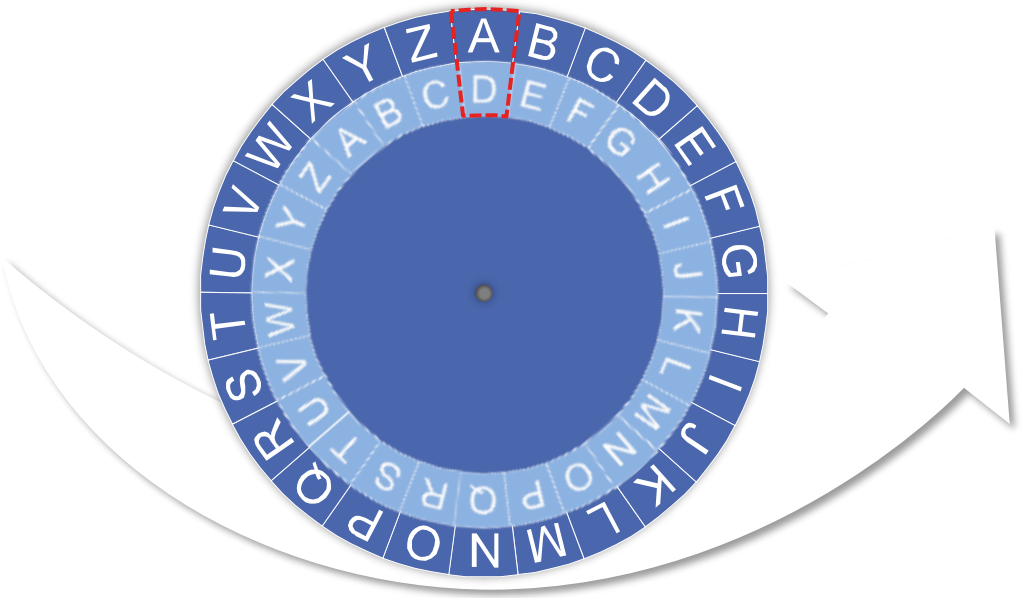
https://www.cryptool.org/en/cto-highlights/caesar

Cesare

- *P (alfabeto testo in chiaro [plaintext])*
- *C (alfabeto testo crittato)*
- *K_E (chiave di cifratura, parametro per f)*
- *K_D (chiave di decifratura, parametro per f^{-1})*
- *f() (funzione di trasformazione crittografica)*

- $P = C = \{A, B, C, \ldots, X, Y, Z\}$
  $= \{0, 1, 2, \ldots, 23, 24, 25\}$
- $K_E = k \in P, k \neq 0$
- $f(x_i) = (x_i + k) \bmod 26$
- $K_D = k_d \in P, k_d = 26-k$
- $f^{-1}(x_i) = (x_i + k_d) \bmod 26$

cifrari a scorrimento



python – Cesare crittare un testo

```
alfabeto = "abcdefghijklmnopqrstuvwxyz"
cifrato =  "defghijklmnopqrstuvwxyzabc"
testo = "big data"
testo_cifrato = ""
for c in testo:
    pos = alfabeto.find(c)
    if pos == -1:
        testo_cifrato = testo_cifrato + c
    else:
        testo_cifrato = testo_cifrato + cifrato[pos]
print('il testo:            ',testo)
print('viene crittato come:',testo_cifrato)
```

python – Cesare decrittare un testo

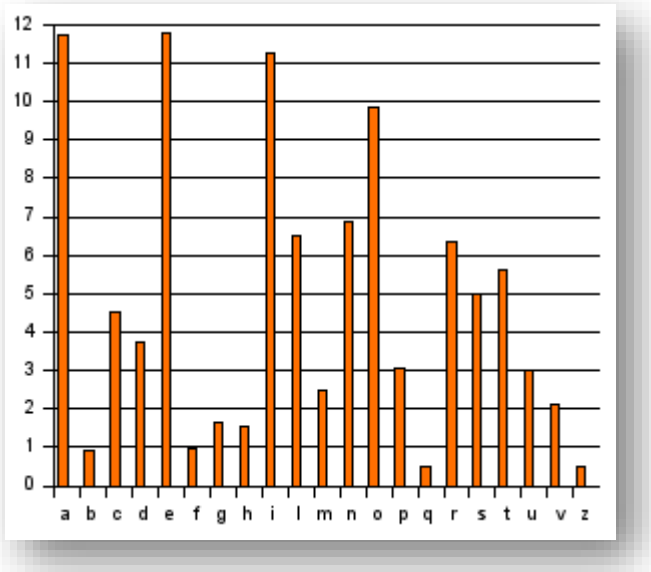
```
decifrato = "xyzabcdefghijklmnopqrstuvw"
testo_decifrato = ""
for c in testo_cifrato:
    pos = alfabeto.find(c)
    if pos == -1:
        testo_decifrato = testo_decifrato + c
    else:
        testo_decifrato = testo_decifrato + decifrato[po
s]
print('il testo crittato:    ',testo_cifrato)
print('viene decrittato come:',testo_decifrato)
```

debolezza del metodo di Cesare

- il metodo di Cesare ha due principali ***debolezze***:
  - è sensibile all'**analisi di frequenza**
  - sono possibili solo **poche chiavi** diverse (n − 1) se n è il numero di caratteri dell'alfabeto
- chi intercetta un messaggio cifrato con il metodo di Cesare può limitarsi a provare successivamente tutte le possibili chiavi di cifratura e trovare il testo in chiaro in un tempo ragionevolmente breve (attacco a **forza bruta**)

analisi di frequenze

- ***analisi delle frequenze***
  - studio della frequenza di utilizzo delle lettere o gruppi di lettere in un testo cifrato
  - in ogni lingua la ***frequenza*** di uso di ogni lettera è piuttosto determinata

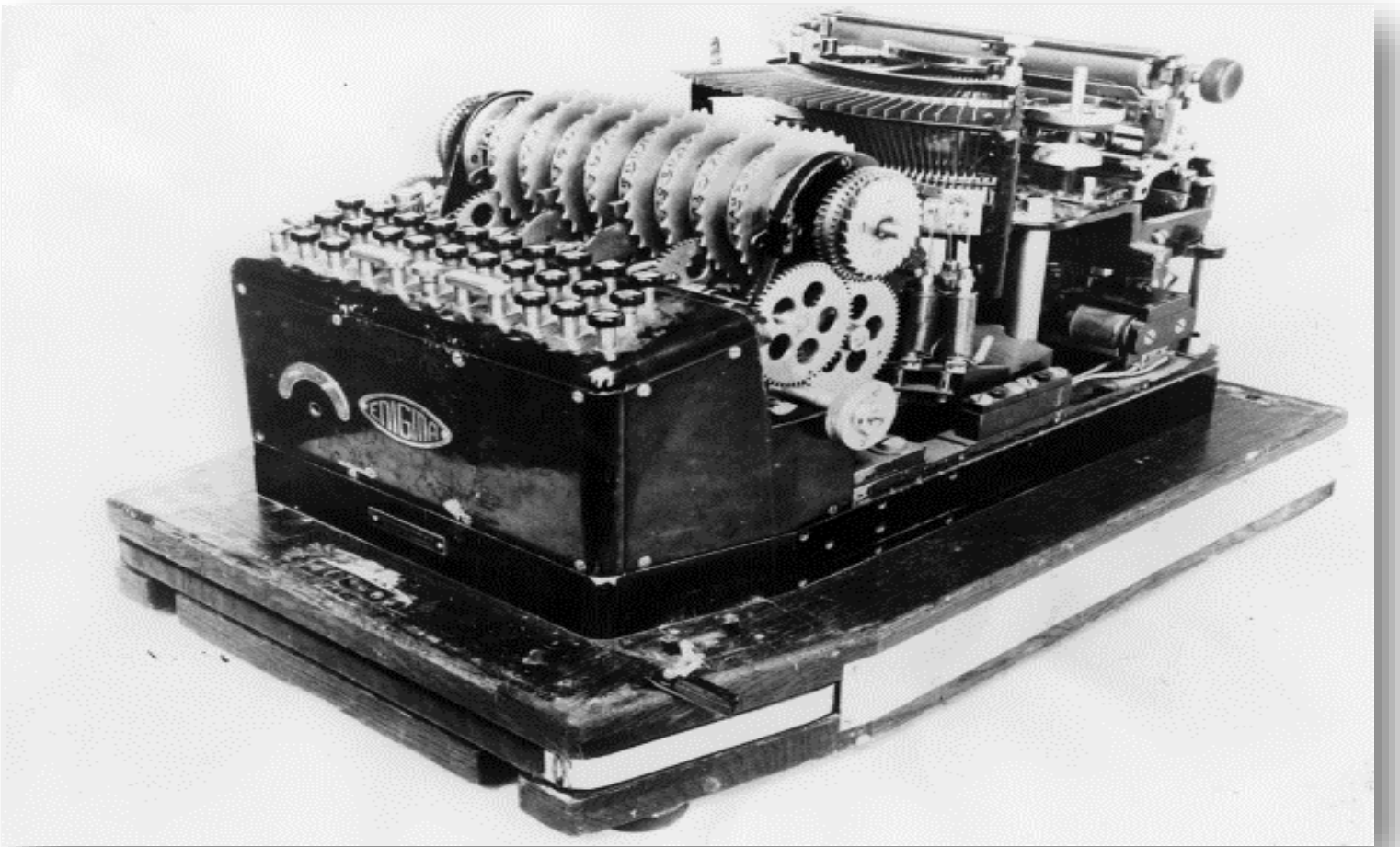


Lettera	Frequenza
a	11.74%
b	0.92%
c	4.50%
d	3.73%
e	11.79%
f	0.95%
g	1.64%
h	1.54%
i	11.28%
l	6.51%
m	2.51%
n	6.88%
o	9.83%
p	3.05%
q	0.51%
r	6.37%
s	4.98%
t	5.62%
u	3.01%
v	2.10%
z	0.49%

la macchina Enigma

- macchina elettromeccanica usata dai tedeschi nella seconda guerra mondiale
- una serie di rotori effettuano la trasformazione di un carattere dell'alfabeto in un altro che viene a sua volta trasformato dal rotore successivo
- dopo la digitazione di ogni carattere il primo rotore effettua una rotazione che può comportare la rotazione eventuale del successivo
- la scelta della posizione iniziale dei rotori (e di altri meccanismi di traslazione) costituisce la chiave
- ritenuta per molto tempo inattaccabile
- il matematico polacco Marin Rejewsky con il suo lavoro riuscì a decifrare numerosi messaggi militari tedeschi, un fattore che probabilmente contribuì alla vittoria finale degli alleati

Enigma



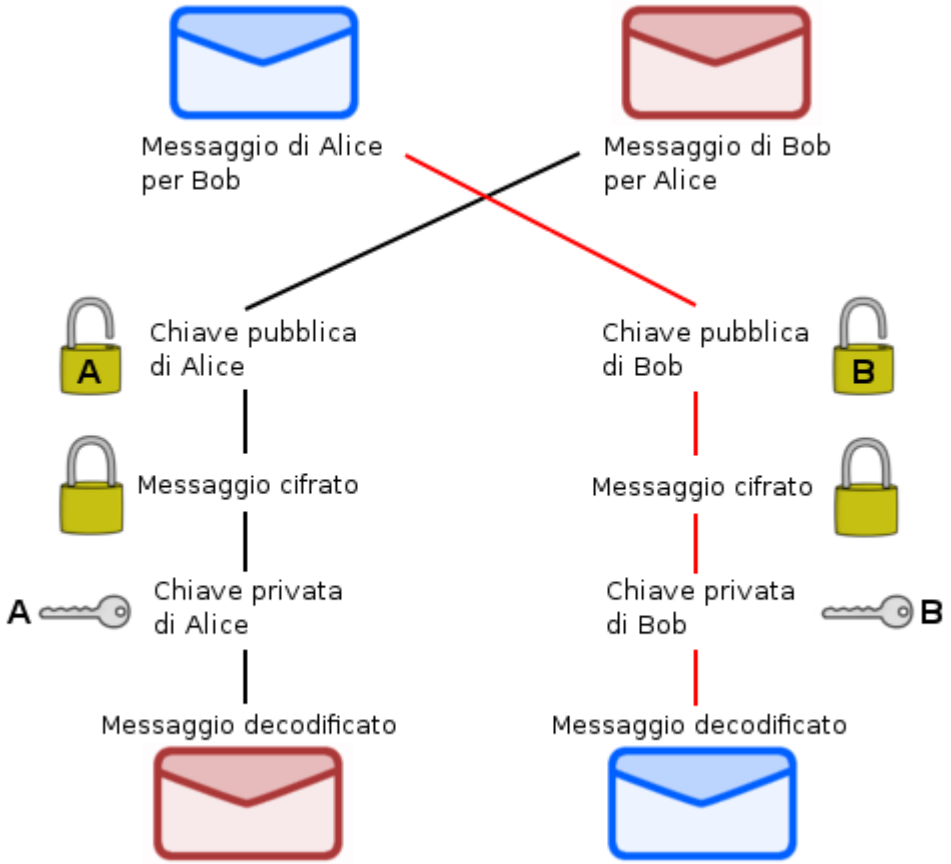
Whatsapp - crittografia a chiave asimmetrica

- si basa sull'utilizzo di ***due chiavi***
  - chiave ***pubblica***
  - chiave ***privata***
- le chiavi sono generate in modo automatico tra i due contatti
- da una chiave ***non è possibile risalire*** all'altra
- nel caso di Whatsapp
  - la ***cifratura*** avviene all'interno dal proprio smartphone
  - poi il messaggio viene consegnato al server di Whatsapp
  - il server lo inviano al dispositivo del destinatario
  - lo smartphone del destinatario ***decifra*** il messaggio tramite la sua chiave privata

crittografia end to end su WhatsApp

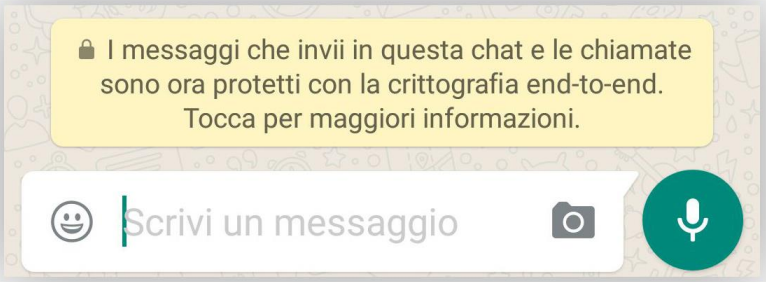
- nel momento in cui viene aggiunto un contatto le app dei due dispositivi si connettono e creano due ***coppie di chiavi interdipendenti***
- le ***chiavi private*** sono memorizzate sui rispettivi ***dispositivi*** e sono ***invisibili*** anche a WhatsApp stessa
- quando viene inviato un messaggio il server dell'azienda lo riceve e lo indirizza al destinatario
  - ***non è in grado di decifrarlo***
- un eventuale ***attacco hacker*** ai server di WhatsApp non può in ogni caso scoprire le chiavi private né accedere ai messaggi
- WhatsApp ***non registra*** le conversazioni e non può condividerle con altre organizzazioni
  - ***neanche con le forze dell'ordine***

crittografia end-to-end (End-to-End Encryption (E2EE))



Whatsapp – Telegram … assoluta privacy

- ***nessuno*** oltre al mittente e al destinatario può leggere il messaggio
- ***neanche la polizia*** di nessun paese al mondo potrà chiedere al gestore di vedere i messaggi inviati e ricevuti
- ***neanche la società*** stessa li può leggere



MD5 - Message Digest 5

- algoritmo di crittografia ***a senso unico***
- non prevede la decrittazione
- Ronald Rivest 1991
- è una ***funzione di compressione***
  - ***input*** una stringa di lunghezza arbitraria
  - ***output*** (firma digitale) una stringa da 128 bit
  - si presuppone che l'output restituito dalla funzione sia ***univoco***
  - più precisamente che sia molto improbabile ottenere due output identici da due input diversi

python – esempio MD5

```
import hashlib
testo = "big data"
testo_cifrato = hashlib.md5(testo.encode())

print("testo cifrato in caratteri esadecimali : ")
print(testo_cifrato.hexdigest())
```