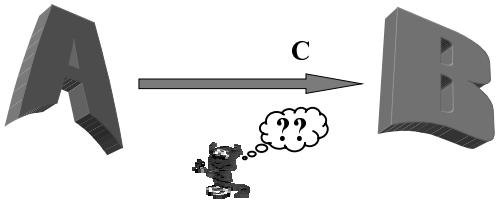
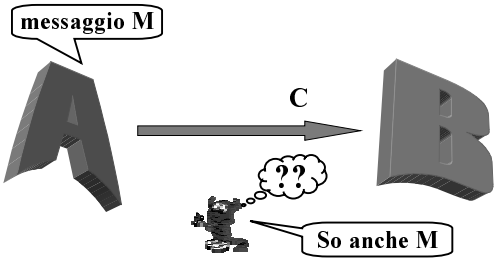
Crittoanalisi

- Known Ciphertext Attack
- Known Plaintext Attack
- Chosen Plaintext Attack
- Chosen Ciphertext Attack

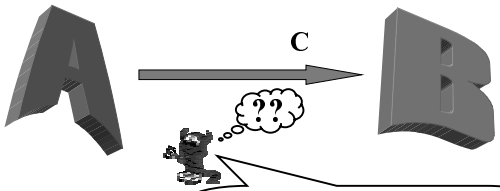
Known Ciphertext Attack



Known Plaintext Attack

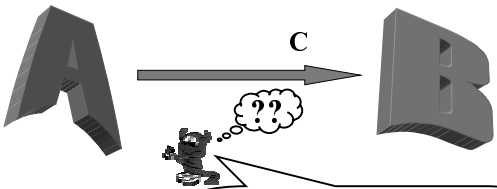


Chosen Plaintext Attack



Ho potuto cifrare messaggi a mia scelta senza sapere la chiave, ed ora ??

Chosen Ciphertext Attack



Ho potuto decifrare messaggi a mia scelta senza sapere la chiave, ed ora ??

Principio di Kerckhoffs

La sicurezza di un crittosistema deve dipendere **solo** dalla segretezza della chiave e **non** dalla segretezza dell'algoritmo usato.

Jean Guillaume Hubert Victor Francois Alexandre Auguste Kerckhoffs von Nieuwenhof (1835-1903), filologo olandese, *"La Criptographie Militarie"* [1883]

Grandi Numeri

- Numero colonne per l'Enalotto $\binom{90}{6} = 622.614.630 \approx 1{,}15 \cdot 2^{29}$
- Microsecondi in un giorno $8.640.000.000 \approx 1{,}26 \cdot 2^{36}$
- Microsecondi in un secolo $\approx 3{,}15 \cdot 10^{15} \approx 1{,}4 \cdot 2^{51}$
- Secondi dalla creazione del sistema solare $\approx 2 \cdot 10^{17} \approx 1{,}38 \cdot 2^{57}$
- Cicli in un secolo di una macchina a 500 MHz $\approx 1{,}57 \cdot 10^{18} \approx 1{,}37 \cdot 2^{60}$
- Cicli in un secolo di una macchina a 1000 MHz $\approx 3{,}15 \cdot 10^{18} \approx 1{,}37 \cdot 2^{61}$
- Cicli in un secolo di 1.000.000 macchine a 1000 MHz $\approx 3{,}15 \cdot 10^{24} \approx 1{,}3 \cdot 2^{81}$
- Numeri primi di 75 cifre (cioè 249 bit) $\approx 5{,}2 \cdot 10^{72} \approx 1{,}83 \cdot 2^{244}$
- Numero di elettroni nell'universo $\approx 8{,}37 \cdot 10^{77} \approx 1{,}8 \cdot 2^{258}$

Chiave di 40 bit

Quanto è "sicura" una chiave di 40 bit?

Chiave di 40 bit

Supponiamo di avere una macchina che in un microsecondo prova una singola chiave

Provare tutte le possibili chiavi ≈ 12 giorni 17 ore

Provare 10% delle possibili chiavi ≈ 30.5 ore

Chiave di 40 bit

Supponiamo di avere una macchina che in un microsecondo prova una singola chiave

Provare tutte le possibili chiavi ≈ 12 giorni 17 ore

Provare 10% delle possibili chiavi ≈ 30.5 ore

Se avessimo 4 macchine …

Provare tutte le possibili chiavi ≈ 3 giorni 4 ore

Provare 10% delle possibili chiavi ≈ 7.6 ore

Chiave di 120 bit

Quanto è "sicura" una chiave di 120 bit?

Chiave di 120 bit

Supponiamo di avere 1.000.000.000 macchine a 1.000 MHz ed ognuna prova una singola chiave in un ciclo

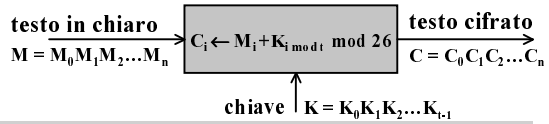
Provare tutte le possibili chiavi ≈ 421.034.025 secoli

Provare 1/622.614.630 delle possibili chiavi ≈ 67.6 anni

Numero colonne per l'Enalotto = 622.614.630

Cifrari a sostituzione polialfabetica

Cifrario di Vigenère [1586] (Blaise de Vigenère, 1523-1596)

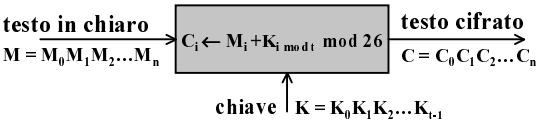


Testo in chiaro: CODICE MOLTO SICURO Chiave: REBUS

CODIC	EMOLT	OSICU	RO	testo in chiaro
REBUS	REBUS	REBUS	RE	chiave
TSECU	VQPFL	FWJWM	IS	testo cifrato

Cifrari a sostituzione polialfabetica

Cifrario di Vigenère [1586] (Blaise de Vigenère, 1523-1596)



- Considerato inviolabile per molto tempo
- Numero possibili chiavi = 26^t
- Crittoanalisi: Known Ciphertext Attack

Test di Kasiski

Friedrich Kasiski [1863]

testo cifrato ...WPIXFGHDAFNV TV... KLXFGLQ

Test di Kasiski

Friedrich Kasiski [1863]

testo cifrato ...WPIXFGHDAFNV TV... KLXFGLQ

XFG cifra lo stesso testo in chiaro!

Test di Kasiski

Friedrich Kasiski [1863]

testo cifrato ...WPIXFGHDAFNV TV... KLXFGLQ

XFG cifra lo stesso testo in chiaro!
La distanza tra le "X" è un multiplo di t

Test di Kasiski

Friedrich Kasiski [1863]

testo cifrato ...WPIXFGHDAFNV TV... KLXFGLQ

XFG cifra lo stesso testo in chiaro!
La distanza tra le "X" è un multiplo di t

Siano $d_1, d_2, \ldots, d_h$ le distanze tra le "X" di "XFG"
allora $\gcd(d_1, d_2, \ldots, d_h)$ è multiplo di t

Indice di coincidenza

Definito da Wolfe Friedman [1920]

Indice di coincidenza di una stringa $x_1x_2\ldots x_n$

$IC(x_1x_2\ldots x_n)$ = probabilità che due caratteri, presi a caso in $x_1x_2\ldots x_n$, siano uguali

Indice di coincidenza

Definito da Wolfe Friedman [1920]

Indice di coincidenza di una stringa $x_1x_2\ldots x_n$

$IC(x_1x_2\ldots x_n)$ = probabilità che due caratteri, presi a caso in $x_1x_2\ldots x_n$, siano uguali

Esempi: IC(MONO) = 1/6
IC(ALFA) = 1/6
IC(GAMMA) = 2/24 = 1/12

Indice di coincidenza

Definito da Wolfe Friedman [1920]

Indice di coincidenza di una stringa $x_1x_2\ldots x_n$

$IC(x_1x_2\ldots x_n)$ = probabilità che due caratteri, presi a caso in $x_1x_2\ldots x_n$, siano uguali

$$= \frac{\sum_{i=0}^{25}\binom{f_i}{2}}{\binom{n}{2}} = \frac{\sum_{i=0}^{25} f_i(f_i-1)}{n(n-1)}$$

f_i = numero occorrenze carattere i

Indice di coincidenza

Se $x_1x_2\ldots x_n$ è un testo in Inglese

Allora $IC(x_1x_2\ldots x_n) \approx \sum_{i=0}^{25} p_i^{\,2} = 0.065$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
7,3	1,3	3,5	4,3	12,8	3,0	2,0	3,5	7,8	0,3	0,5	3,7	2,8	7,8	7,5	2,8	0,5	8,5	6,0	9,3	3,0	1,5	1,5	0,5	2,3	0,3
p_0	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8	p_9	p_{10}	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}	p_{16}	p_{17}	p_{18}	p_{19}	p_{20}	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}	p_{25}

p_i = probabilità carattere i in Inglese

Indice di coincidenza

Se $x_1x_2\ldots x_n$ è un testo in Inglese

Allora $IC(x_1x_2\ldots x_n) \approx \sum_{i=0}^{25} p_i^{\,2} = 0.065$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
7,3	1,3	3,5	4,3	12,8	3,0	2,0	3,5	7,8	0,3	0,5	3,7	2,8	7,8	7,5	2,8	0,5	8,5	6,0	9,3	3,0	1,5	1,5	0,5	2,3	0,3
p_0	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8	p_9	p_{10}	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}	p_{16}	p_{17}	p_{18}	p_{19}	p_{20}	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}	p_{25}

p_i = probabilità carattere i in Inglese

Se $x_1x_2\ldots x_n$ sono caratteri scelti a caso

Allora $IC(x_1x_2\ldots x_n) \approx \sum_{i=0}^{25}\left(\frac{1}{26}\right)^2 = 0.038$

Indice di coincidenza

Se $x_1x_2\ldots x_n$ è un testo in Italiano

Allora $IC(x_1x_2\ldots x_n) \approx \sum_{i=0}^{25} p_i^{\,2} = 0.075$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
10,3	0,9	4,3	3,8	12,6	0,8	2,0	1,1	11,6	0,0	0,0	6,6	2,6	6,6	8,7	3,2	0,6	6,7	6,1	6,1	3,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,9
p_0	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8	p_9	p_{10}	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}	p_{16}	p_{17}	p_{18}	p_{19}	p_{20}	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}	p_{25}

p_i = probabilità carattere i in Italiano

Se $x_1x_2\ldots x_n$ sono caratteri scelti a caso

Allora $IC(x_1x_2\ldots x_n) \approx \sum_{i=0}^{25}\left(\frac{1}{26}\right)^2 = 0.038$

t = 1 ?

testo cifrato $C_0C_1\ldots C_n$

Se $t = 1$ allora $IC(C_0C_1\ldots C_n) = IC(M_0M_1\ldots M_n)$

$$IC(C_0C_1\ldots C_n) \approx \begin{cases} 0.075 & \text{se } t=1 \\ 0.038 & \text{se } t\neq 1 \end{cases}$$

Non proprio!
Comunque lontano da 0.065

t = 2 ?

testo cifrato $C_0C_1\ldots C_n$

Se $t = 2$ allora $IC(C_0C_2\ldots) = IC(M_0M_2\ldots)$
$IC(C_1C_3\ldots) = IC(M_1M_3\ldots)$

$$\begin{matrix} IC(C_0C_2\ldots) \\ IC(C_1C_3\ldots) \end{matrix} \approx \begin{cases} 0.075 & \text{se } t=2 \\ 0.038 & \text{se } t\neq 2 \end{cases}$$

Comunque lontano da 0.065

t = 3 ?

testo cifrato $C_0C_1\ldots C_n$

Se $t = 3$ allora $IC(C_0C_3\ldots) = IC(M_0M_3\ldots)$
$IC(C_1C_4\ldots) = IC(M_1M_4\ldots)$
$IC(C_2C_5\ldots) = IC(M_2M_5\ldots)$

$$\begin{matrix} IC(C_0C_3\ldots) \\ IC(C_1C_4\ldots) \\ IC(C_2C_5\ldots) \end{matrix} \approx \begin{cases} 0.075 & \text{se } t=3 \\ 0.038 & \text{se } t\neq 3 \end{cases}$$

Comunque lontano da 0.065

Esempio

```
RLEYFBDOQSMCATCEZCBAPTHRJPCGRONVZMCHZOEBPKRNRVVCNHFEEACOZNGS
SIOGHFUIZCOKIGIUKONGFEIRUPCFVOTVCBBERDRZMFSCCSXEESFUEYFJVNGF
BIEQWRLEYZJMIRBRLAFWBLNGFBKTBOSVSGFJEGRFTZENDSVNQSSTOEGPVFVU
VIAQWGZUZSUIAHBQIOZCOKOEWPRDRGUIARIORMCWBTOFHJVRNRBCLNZUIACO
SKERWMGOAHFTHRWWZCBBHZUAUFCEQIFIIISQRRPVFIEARBJAZQPIPVITVNFW
CZLROMCOPQIZODIFJTNHSRSSCSDAMWPEERGFXNVWMGUAHPZNPIJZLYOHFCRG
TREYOEUAEWDFMVBDZACSSIICWHCINFQFIACNVDVZBXOQCWVLRFJMENZMFNGO
ORNQCTZDVBVFVBZBJCVOOCAPEVRDVGUVNQSSJIRFBCLRBURRFWJENHCWZGBZ
GZEVBOLOIWTVNVZBTOFHJVRNTPIMNHBUAYRFGOFWUFDVHSVGECTJIGCSIEAH
JJCRBEVACDPXGVOURAQIFDOAHJTOAHJXUVZVEOQSUKOVZTRNZOSKIACMRLGF
PTOAJPTEYCNSAERBZLESTVGBBFUAVAPCTVQPTUMNPCIVBGZLNQIVIAJFIOYC
GRNACTFMVUMZAESBLNNGFXAGOMTHRBPEEPVJRLCFJDOISEVRYCQLRPVFJINR
JWRBBUVCBAFGEESTVMCWPUIFIMVMHFBUIZWMRNBQIVGHOSUAACBJEGHFETEW
PEEACOCOQWTTEEBBKOFHPRUAHBCCBBUIAFGFXNBWOHURZMRLHBHREIOTKATW
PXAVOERGYWBCTEWNFNGWEZNBAFGIHCTTUECFUISCSDACWVTOZIOVPRFVEBHC
OGEMNPCAPCTKAFOMVCBBVEPRBEZOYSOKORQPETVBVFPBWTZRBAQVIADPXGVS
JEVNZMFNPSMCIVBFITRSJEIFDJRNNHFJEPCOUOYCTJAGISRDRRVVMBBUZEVZ
```


Indice di coincidenza

- t = 1 ? $IC(C_0C_1\ldots C_n) = 0.045$

Indice di coincidenza

- t = 1 ? $IC(C_0C_1\ldots C_n) = 0.045$
- t = 2 ? $\begin{cases} IC(C_0C_2\ldots) = 0.0463 \\ IC(C_1C_3\ldots) = 0.0438 \end{cases}$

Indice di coincidenza

- t = 1 ? $IC(C_0C_1\ldots C_n) = 0.045$
- t = 2 ?
  - $IC(C_0C_2\ldots) = 0.0463$
  - $IC(C_1C_3\ldots) = 0.0438$
- t = 3 ?
  - $IC(C_0C_3\ldots) = 0.0431$
  - $IC(C_1C_4\ldots) = 0.0459$
  - $IC(C_2C_5\ldots) = 0.0456$

Indice di coincidenza

- t = 1 ? $IC(C_0C_1\ldots C_n) = 0.045$
- t = 2 ?
  - $IC(C_0C_2\ldots) = 0.0463$
  - $IC(C_1C_3\ldots) = 0.0438$
- t = 3 ?
  - $IC(C_0C_3\ldots) = 0.0431$
  - $IC(C_1C_4\ldots) = 0.0459$
  - $IC(C_2C_5\ldots) = 0.0456$
- t = 4 ?
  - $IC(C_0C_4\ldots) = 0.0448$
  - $IC(C_1C_5\ldots) = 0.0421$
  - $IC(C_2C_6\ldots) = 0.0495$
  - $IC(C_3C_7\ldots) = 0.0437$

Indice di coincidenza

- t = 5 ?
  - $IC(C_0C_5\ldots) = 0.0710$
  - $IC(C_1C_6\ldots) = 0.0721$
  - $IC(C_2C_7\ldots) = 0.0805$
  - $IC(C_3C_8\ldots) = 0.0684$
  - $IC(C_4C_9\ldots) = 0.0759$

Tutti vicini a 0.075

t = 5

Cifrario di Vigenère: Crittoanalisi

- Determinare la lunghezza della chiave t
  - uso dell'indice di coincidenza
- Determinare il valore della chiave $K_0K_1K_2\ldots K_{t-1}$
  - uso dell'indice mutuo di coincidenza
  - K_0 usato per $C_0\,C_t\,C_{2t}\ldots$
  - K_1 usato per $C_1\,C_{t+1}\,C_{2t+1}\ldots$
  - …
  - K_{t-1} usato per $C_{t-1}\,C_{2t-1}\,C_{3t-1}\ldots$

Indice mutuo di coincidenza

Indice mutuo di coincidenza di $x_1x_2\ldots x_n$ e $y_1y_2\ldots y_{n'}$

$IMC(x_1x_2\ldots x_n; y_1y_2\ldots y_{n'})$ = probabilità che un carattere in $x_1x_2\ldots x_n$, ed uno in $y_1y_2\ldots y_{n'}$, presi a caso, siano uguali

Indice mutuo di coincidenza

Indice mutuo di coincidenza di $x_1x_2\ldots x_n$ e $y_1y_2\ldots y_{n'}$

$IMC(x_1x_2\ldots x_n; y_1y_2\ldots y_{n'})$ = probabilità che un carattere in $x_1x_2\ldots x_n$, ed uno in $y_1y_2\ldots y_{n'}$, presi a caso, siano uguali

Esempi: IMC(CIA;CIAO) = 3/12 = 1/4
IMC(ALFA;GAMMA) = 4/20

Indice mutuo di coincidenza

Indice mutuo di coincidenza di $x_1x_2\ldots x_n$ e $y_1y_2\ldots y_{n'}$

$IMC(x_1x_2\ldots x_n; y_1y_2\ldots y_{n'})$ = probabilità che un carattere in $x_1x_2\ldots x_n$, ed uno in $y_1y_2\ldots y_{n'}$, presi a caso, siano uguali

$$= \frac{\sum_{i=0}^{25} f_i \cdot f'_i}{n \cdot n'}$$

f_i = numero occorrenze carattere i in $x_1x_2\ldots x_n$
f'_i = numero occorrenze carattere i in $y_1y_2\ldots y_{n'}$

Indice mutuo di coincidenza

Quale è il valore medio di $IMC(C_0C_tC_{2t}\ldots; C_1C_{t+1}C_{2t+1}\ldots)$?

Indice mutuo di coincidenza

Quale è il valore medio di $IMC(C_0C_tC_{2t}\ldots; C_1C_{t+1}C_{2t+1}\ldots)$?

Probabilità di prendere AA = $p_{-K_0}p_{-K_1}$
Probabilità di prendere BB = $p_{1-K_0}p_{1-K_1}$
…

Indice mutuo di coincidenza

Quale è il valore medio di $IMC(C_0C_tC_{2t}\ldots; C_1C_{t+1}C_{2t+1}\ldots)$?

Probabilità di prendere AA = $p_{-K_0}p_{-K_1}$
Probabilità di prendere BB = $p_{1-K_0}p_{1-K_1}$
Probabilità di prendere CC = $p_{2-K_0}p_{2-K_1}$
…

Indice mutuo di coincidenza

Quale è il valore medio di $IMC(C_0C_tC_{2t}\ldots; C_1C_{t+1}C_{2t+1}\ldots)$?

Probabilità di prendere AA = $p_{-K_0}p_{-K_1}$
Probabilità di prendere BB = $p_{1-K_0}p_{1-K_1}$
Probabilità di prendere CC = $p_{2-K_0}p_{2-K_1}$
…

$$IMC(C_0C_tC_{2t}\ldots; C_1C_{t+1}C_{2t+1}\ldots) \approx \sum_{i=0}^{25} p_{i-K_0}p_{i-K_1} = \sum_{h=0}^{25} p_h p_{h+K_0-K_1}$$

Indice mutuo di coincidenza

valore di K_0-K_1	media IMC
0	0.065
1, 25	0.039
2, 24	0.032
3, 23	0.034
4, 22	0.044
5, 21	0.033
6, 20	0.036
7, 19	0.039
8, 18	0.034
9, 17	0.034
10, 16	0.038
11, 15	0.045
12, 14	0.039
13	0.043

K_0-K_1= 0 ⇒ media IMC = 0.065
K_0-K_1≠ 0 ⇒ media IMC ≤ 0.045

Inglese

Indice mutuo di coincidenza

valore di K_0-K_1	media IMC
0	0.075
1, 25	0.033
2, 24	0.034
3, 23	0.034
4, 22	0.047
5, 21	0.027
6, 20	0.032
7, 19	0.026
8, 18	0.027
9, 17	0.023
10, 16	0.024
11, 15	0.027
12, 14	0.015
13	0.021

K_0-K_1= 0 $\Rightarrow$ **media IMC = 0.075**

K_0-$K_1 \neq 0 \Rightarrow$ **media IMC $\leq$ 0.047**

Italiano

K_0-K_1= 0 ?

testo cifrato $C_0C_1\ldots C_n$

Se K_0-K_1= 0 allora $IMC(C_0C_t\ldots; C_1C_{t+1}\ldots) \approx 0.075$

K_0-K_1= 0 ?

testo cifrato $C_0C_1\ldots C_n$

Se K_0-K_1= 0 allora $IMC(C_0C_t\ldots; C_1C_{t+1}\ldots) \approx 0.075$

$$IMC(C_0C_t\ldots; C_1C_{t+1}\ldots) \begin{cases} \approx 0.075 & \text{se } K_0\text{-}K_1 = 0 \\ \not\approx 0.047 & \text{se } K_0\text{-}K_1 \neq 0 \end{cases}$$

K_0-K_1= 1 ?

testo cifrato $C_0C_1\ldots C_n$

K_0-K_1= 1 ?

testo cifrato $C_0C_1\ldots C_n$

$Y_i \leftarrow C_i$ -1 mod 26

Se K_0-K_1= 1 allora $IMC(Y_0Y_t\ldots; C_1C_{t+1}\ldots) \approx 0.075$

$$IMC(Y_0Y_t\ldots; C_1C_{t+1}\ldots) \begin{cases} \approx 0.075 & \text{se } K_0\text{-}K_1 = 1 \\ \not\approx 0.047 & \text{se } K_0\text{-}K_1 \neq 1 \end{cases}$$

K_0-K_1= 2 ?

testo cifrato $C_0C_1\ldots C_n$

K_0-K_1= 2 ?

testo cifrato $C_0C_1…C_n$

$Y_i \leftarrow C_i$ -2 mod 26

Se K_0-K_1= 1 allora $IMC(Y_0Y_t…; C_1C_{t+1}…) \approx 0.075$

$$IMC(Y_0Y_t…; C_1C_{t+1}…) \begin{cases} \approx 0.075 & \text{se } K_0\text{-}K_1 = 2 \\ \not\approx 0.047 & \text{se } K_0\text{-}K_1 \neq 2 \end{cases}$$

K_0-K_1= 3 ?

testo cifrato $C_0C_1…C_n$

$Y_i \leftarrow C_i$ -3 mod 26

Se K_0-K_1= 1 allora $IMC(Y_0Y_t…; C_1C_{t+1}…) \approx 0.075$

$$IMC(Y_0Y_t…; C_1C_{t+1}…) \begin{cases} \approx 0.075 & \text{se } K_0\text{-}K_1 = 3 \\ \not\approx 0.047 & \text{se } K_0\text{-}K_1 \neq 3 \end{cases}$$

Determinare la chiave

- K_0-K_1= 5
- K_1-K_2= 6
- K_2-K_3= 9
- …
- K_{t-2}-K_{t-1}= 5

t-1 equazioni in t incognite

Riesco ad esprimere tutti i K_i in funzione di K_0 !

Determinare la chiave

- K_0-K_1= 5
- K_1-K_2= 6
- K_2-K_3= 9
- …
- K_{t-2}-K_{t-1}= 5

t-1 equazioni in t incognite

Riesco ad esprimere tutti i K_i in funzione di K_0 !

Quanto vale K_0 ?

Determinare la chiave

- K_0-K_1= 5
- K_1-K_2= 6
- K_2-K_3= 9
- …
- K_{t-2}-K_{t-1}= 5

t-1 equazioni in t incognite

Riesco ad esprimere tutti i K_i in funzione di K_0 !

Quanto vale K_0 ?

Provo tutti i possibili 26 valori !

Cifrario di Vigenère: Crittoanalisi

- Determinare la lunghezza della chiave t
  - uso dell'indice di coincidenza
- Determinare il valore della chiave $K_0K_1K_2…K_{t-1}$
  - calcolo delle differenze K_0-K_1, K_1-K_2, …, K_{t-2}-K_{t-1} uso dell'indice mutuo di coincidenza
  - calcolo di K_0: prova le 26 possibilità

Esempio: Determinare la chiave

K_1-K_0

.0325 .0415 .0422 .0436 .0385 .0444 .0388 .0390 .0347
.0350 .0404 .0315 .0419 .0398 .0370 .0380 .0703 .0314
.0346 .0356 .0436 .0269 .0327 .0298 .0381 .0371

Esempio: Determinare la chiave

K_1-K_0 = 16

.0325 .0415 .0422 .0436 .0385 .0444 .0388 .0390 .0347
.0350 .0404 .0315 .0419 .0398 .0370 .0380 .0703 .0314
.0346 .0356 .0436 .0269 .0327 .0298 .0381 .0371

K_2-K_0 = 25

.0326 .0341 .0345 .0365 .0245 .0367 .0284 .0393 .0394
.0373 .0358 .0432 .0439 .0399 .0382 .0363 .0334 .0315
.0355 .0449 .0384 .0518 .0403 .0313 .0370 .0738

Esempio: Determinare la chiave

K_3-K_0 = 12 .0380 .0407 .0370 .0381 .0295 .0330 .0415 .0361 .0423
.0411 .0330 .0411 .0705 .0364 .0324 .0361 .0460 .0301
.0321 .0316 .0397 .0355 .0354 .0423 .0390 .0403

K_4-K_0 = 13 .0401 .0393 .0379 .0353 .0345 .0273 .0357 .0461 .0371
.0439 .0420 .0288 .0412 .0737 .0352 .0350 .0401 .0401
.0328 .0387 .0311 .0403 .0368 .0348 .0370 .0340

K_2-K_1 = 9 .0361 .0328 .0311 .0389 .0334 .0533 .0355 .0390 .0286
.0741 .0328 .0437 .0325 .0415 .0272 .0406 .0284 .0378
.0428 .0382 .0446 .0380 .0463 .0358 .0395 .0260

K_3-K_1 = 22 .0465 .0302 .0369 .0320 .0391 .0410 .0361 .0488 .0354
.0447 .0351 .0440 .0297 .0429 .0318 .0309 .0336 .0327
.0442 .0347 .0362 .0328 .0721 .0344 .0412 .0318

Esempio: Determinare la chiave

K_4-K_1 = 23 .0355 .0419 .0339 .0436 .0320 .0408 .0423 .0371 .0470
.0334 .0434 .0374 .0414 .0295 .0400 .0296 .0317 .0375
.0328 .0434 .0355 .0322 .0314 .0711 .0330 .0415

K_3-K_2 = 14 .0443 .0393 .0421 .0358 .0426 .0318 .0269 .0392 .0318
.0378 .0321 .0363 .0372 .0724 .0348 .0354 .0342 .0533
.0364 .0391 .0324 .0373 .0358 .0315 .0419 .0360

K_4-K_2 = 13 .0353 .0453 .0415 .0367 .0310 .0374 .0296 .0307 .0446
.0303 .0350 .0321 .0321 .0376 .0779 .0343 .0343 .0357
.0470 .0397 .0478 .0344 .0388 .0369 .0329 .0399

K_4-K_3 = 1 .0382 .0736 .0368 .0349 .0367 .0414 .0390 .0434 .0293
.0336 .0420 .0351 .0427 .0329 .0388 .0361 .0427 .0327
.0366 .0317 .0326 .0402 .0367 .0450 .0345 .0319

Esempio: Determinare la chiave

- K_0-K_1 = 10
- K_0-K_2 = 1
- K_0-K_3 = 14
- K_0-K_4 = 13
- K_1-K_2 = 17
- K_1-K_3 = 4
- K_1-K_4 = 3
- K_2-K_4 = 12
- K_2-K_3 = 13
- K_3-K_4 = 25

Esempio: Determinare la chiave

- K_0-K_1 = 10
- ~~K_0-K_2 = 1~~
- ~~K_0-K_3 = 14~~
- ~~K_0-K_4 = 13~~
- K_1-K_2 = 17
- ~~K_1-K_3 = 4~~
- ~~K_1-K_4 = 3~~
- ~~K_2-K_4 = 12~~
- K_2-K_3 = 13
- K_3-K_4 = 25

Esempio: Determinare la chiave

- K_0-K_1 = 10
- ~~K_0-K_2 = 1~~
- ~~K_0-K_3 = 14~~
- ~~K_0-K_4 = 13~~
- K_1-K_2 = 17
- ~~K_1-K_3 = 4~~
- ~~K_1-K_4 = 3~~
- ~~K_2-K_4 = 12~~
- K_2-K_3 = 13
- K_3-K_4 = 25

$$K_1 = K_0 - 10$$
$$K_2 = K_1 - 17 = K_0 - 1$$
$$K_3 = K_2 - 13 = K_0 - 14$$
$$K_4 = K_3 - 25 = K_0 - 13$$

Esempio: Determinare la chiave

$$K_1 = K_0 - 10$$
$$K_2 = K_1 - 17 = K_0 - 1$$
$$K_3 = K_2 - 13 = K_0 - 14$$
$$K_4 = K_3 - 25 = K_0 - 13$$

$K_0 = 1$
$K_1 = 17$
$K_2 = 0$
$K_3 = 13$
$K_4 = 14$

B R A N O

Esempio: Testo in chiaro

QUELRAMODELLAGODICOMOCHEVOLGEAMEZZOGIORNOTRADUECATENENONINTE
RROTTEDIMONTITUTTOASENIEGOLFIASECONDADELLOSPORGEREEDELRIENTR
AREDIQUELLIVIENQUASIAUNTRATTOARESTRINGERSIEAPRENDERCORSOEFIG
URADIFIUMETRAUNPROMONTORIOADESTRAEUNAMPIACOSTIERADALLALTRAPA
RTEEILPONTECHEIVICONGIUNGELEDUERIVEPARCHERENDASAMCORPIUSENSI
BILEALLOCCHIOQUESTATRASFORMAZIONEESEGNIILPUNTOINCUIILLAGOCES
SAELADDARICOMINCIAPERRIPIGLIARPOINOMEDILAGODOVELERIVEALLONTA
NANDOSIDINUOVOLASCIANLACQUADISTENDERSIERALLENTARSIINNUOVIGOL
FIEINNUOVISENILACOSTIERAFORMATADALDEPOSITODITREGROSSITORRENT
ISCENDEAPPOGGIATAADUEMONTICONTIGUILUNODETTOILSANMARTINOLALTR
OCONVOCELOMBARDAILRESEGONEDAIMOLTICOCUZZOLIINFILACHEINVEROLO
FANNOSOMIGLIAREAUNASEGATALCHENONECHIALPRIMOVEDERLOPURCHESIAD
IFRONTECOMEPERESEMPIODISULEMURADIMILANOCHEGUARDANOASETTENTRI
ONENONLODISCERNATOSTOAUNTALCONTRASSEGNOINQUELLALUNGAEVASTAGI
OGAIADAGLIALTRIMONTIDINOMEPIUOSCUROEDIFORMAPIUCOMUNEPERUNBUO
NPEZZOLACOSTASALECONUNPENDIOLENTOECONTINUOPOISIROMPEINPOGGIE
INVALLONCELLIINERTEEINISPIANATESECONDOLOSSATURADEDUEMONTIEIL

Problema

Resistenza del Cifrario di Vigenère rispetto a

Known Plaintext Attack