

## rafforzare il DES

- L'uso del DES è molto diffuso. Una volta che si è rivelato non più sicuro si può
  - passare a un algoritmo migliore, completamente diverso (AES)
    - può essere costoso
  - trovare il modo di rafforzare la sicurezza del DES
- tramite due iterazioni: si usano due chiavi  $(k_1, k_2)$ , e la cifratura è

$$e_{k_2}(e_{k_1}(x))$$

- Questo per il DES porta il numero di possibili chiavi a  $2^{112}$  (basta)

- ma attenzione - bisogna essere sicuri che il DES non sia idempotente!
- la cifratura non deve essere chiusa rispetto alla composizione
- se per ogni coppia di chiavi  $(k_1, k_2)$  esiste una chiave  $k_3$  con

$$e_{k_2}(e_{k_1}(x)) = e_{k_3}(x),$$

non c'è nessun miglioramento: due (o più) iterazioni non servono a niente

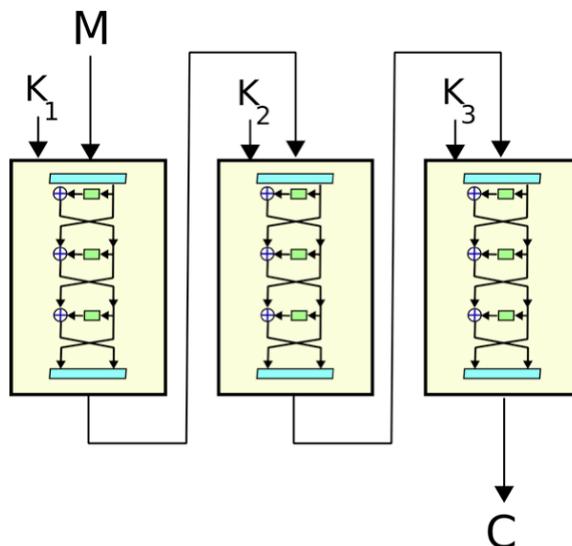
- Già osservato che i cifrari a sostituzione hanno questa proprietà - la composizione di due sostituzioni è una sostituzione (di più: formano gruppo)
- Le cifrature DES non sono chiuse rispetto alla composizione, né formano gruppo.
- Questo non è stato chiaro per molto tempo. Dimostrato solo nel '92 (Campbell e Wiener)

## meet-in-the-middle

- si può mostrare che due iterazioni non bastano - il DES a due iterazioni è vulnerabile a un attacco [meet-in-the-middle](#)
- funziona per ogni cifrario iterato due volte – ha bisogno di spazio
- MIM attack: known plaintext: so che  $e_{k_2}(e_{k_1}(x)) = y$
- calcolo  $e_k(x)$  per ogni chiave  $k$  (e memorizzo i risultati)
- brute force  $d_{k'}(y)$  per ogni chiave  $k'$
- ogni corrispondenza può rivelare le due chiavi - per accertarsene, si testano altre coppie

## triplo DES

Servono tre iterazioni: triplo DES



- il triplo DES può avere uno schema EDE
- $y = e_{k_3}(d_{k_2}(e_{k_1}(x)))$
- oppure uno schema EEE  $y = e_{k_3}(e_{k_2}(e_{k_1}(x)))$

## chiavi

- schema EDE
  - 2-DES: con due chiavi e tre iterazioni:

$$y = e_{k_1}(d_{k_2}(e_{k_1}(x)))$$

- 3-DES: con tre chiavi e tre iterazioni:

$$y = e_{k_3}(d_{k_2}(e_{k_1}(x)))$$

- Il vantaggio dell'EDE è la compatibilità col DES ordinario: con  $k_1 = k_2 = k_3$ , 3-DES=DES
- è ancora uno standard NIST, ma è lento!
- Sempre più spesso rimpiazzato dall'AES.