Criptografía

Criptografía

- Ciencia que estudia la transformación de un mensaje en código, de forma tal que solo algunas personas puedan obtener el mensaje original a partir de dicho código.
- Sufrió grandes avances en épocas de guerra, especialmente en la Segunda Guerra Mundial. Actualmente tiene un gran auge debido al auge de las comunicaciones digitales (Internet)

Criptosistemas

- Es un conjunto de tres elementos
  - Un espacio de mensajes: PT. Es la colección de todos los posibles mensajes pt que se pueden enviar.
  - Un espacio de claves: K. Cada clave k determina un método de encriptación Bk y un método de desencriptado Dk, tales que Bk(pt)=código y Dk(código)=pt
  - Un espacio de códigos: CT. Es la colección de todos los posibles códigos ct.

Criptoanálisis

- Ciencia que intenta ‘romper’ los criptosistemas desarrollados por los criptógrafos, para obtener el mensaje a partir del código cifrado.
- Se puede intentar algún tipo de análisis, o simplemente probar todas las claves posibles. A este método se lo denomina **ataque por fuerza bruta**.

Aplicaciones

- Para proteger la información “crítica” almacenada en computadoras
- Para proteger los mensajes enviados a través de redes (locales, públicas, Internet)
- Para certificar la identidad de quienes envían mensajes a través de redes
- Para evitar que comunicaciones telefónicas, radiales o televisivas puedan ser interceptadas

Algoritmos de encriptación

- Pueden subdividirse en dos grupos:
  - **Algoritmos de clave privada o simétricos**
  - **Algoritmos de clave pública o antisimétricos**

- Pueden ser:
  - **Incondicionalmente seguros**
  - **Computacionalmente seguros**

One time pads

- Es el único método perfecto para encriptar
- Consiste en generar una tira de caracteres random. Cada caracter del mensaje se encripta con un caracter de la tira
- Quien desencripta tiene una copia de la tira
- NUNCA se vuelve a usar una tira
- Es imposible de quebrar si la tira es realmente al azar y no se utiliza mas de una vez.

Algoritmos de clave privada

- Se utiliza un “password” para encriptar el mensaje, sin el cual no puede ser recuperado.

  – MENSAJE + PASSWORD = CODIGO
  – CODIGO + PASSWORD = MENSAJE

Algoritmos de clave privada

- Sustitución:
  - Monoalfabética
  - Homofónica
  - Poligráfica
  - Polialfabética

Algoritmos de clave privada

- Pueden clasificarse en:
  - **Monoalfabéticos**: cada ocurrencia de un mismo caracter en el mensaje original se reemplaza siempre por el mismo caracter en el código cifrado.
  - **Polialfabéticos**: cada ocurrencia de un mismo caracter en el mensaje original es reemplazada por distintos caracteres en el código cifrado.

Criptosistema CAESAR

- Fue el primero que se utilizó. Es monoalfabético y muy malo.
- La encriptación se hace por sustitución. Cada caracter del mensaje original se reemplaza por un caracter en el mensaje cifrado, que se obtiene avanzando ‘k’ pasos en el alfabeto a partir del caracter original. ‘k’ es la clave.
- Ejemplo si k=1: 'Hola amigos como les va' => 'Ipmb bnjhpt dpnp mft wb’

Criptosistema DES

- DES: Data Encription Standard. Usa una clave de 56 bits.
- Triple DES: usa dos claves DES para encriptar tres veces.
- IDEA: sucedió a DES. Usa claves de 128 bits. Está basado en el concepto de ‘mezclar operaciones de distintos grupos algebraicos’ (?!). Es más rápido que DES.

Deficiencias de los algoritmos de clave privada

- Presentan una vulnerabilidad evidente: el password.
- Existen distintos métodos para averiguar el password:
  - Shoulder surfing
  - Caballos de troya
  - Ingeniería social

Algoritmos de clave pública

- Cada usuario genera dos claves: una pública y una privada. Debe conservar su clave privada, mientras distribuye su clave pública.
- Los mensajes encriptados con la clave pública de un usuario sólo pueden desencriptarse con la clave privada del mismo.
- El algoritmo de encriptación es público.

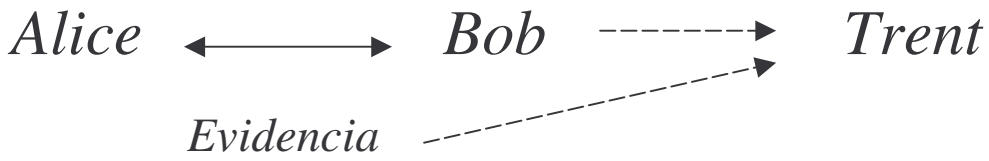
Protocolos criptográficos

- Un protocolo es una serie de pasos que deben realizar dos o mas partes para llevar a cabo una tarea.
- Todas las partes intervinientes deben conocer el protocolo de antemano.
- Todas las partes tienen que acordar seguir el protocolo
- El protocolo no debe ser ambiguo
- El protocolo debe ser completo.
- *NO DEBE SER POSIBLE HACER MAS O SABER MAS QUE LO QUE ESTA ESPECIFICADO EN EL PROTOCOLO.*

Tipos de protocolos

- Arbitrados

- Adjudicados



- Autosuficientes

Comunicaciones con criptografía simétrica

- Alice y Bob se ponen de acuerdo sobre el criptosistema a utilizar
- Alice y Bob acuerdan una clave
- Alice encripta el mensaje usando la clave y lo envía a Bob
- Bob desencripta el mensaje con la clave y lee el mensaje

Comunicaciones con algoritmo de clave pública

- Alice y Bob se ponen de acuerdo sobre el criptosistema a utilizar
- Bob envía a Alice su clave pública
- Alice encripta el mensaje con la clave pública de Bob y se lo envía
- Bob desencripta el mensaje con su clave privada y lo lee

Criptosistema Híbrido

- Bob envía a Alice su clave pública
- Alice genera una clave temporal, la encripta utilizando la clave pública de Bob y se la envía
- Bob desencripta la clave temporal
- Ambos encriptan sus mensajes durante la sesión utilizando la clave temporal

Firmas digitales

- Deben garantizar la autenticidad del documento
- Debe ser prueba de que quien firmó, y nadie más, fue realmente quien firmó el documento
- No deben ser reusables
- Nadie debe poder negar que firmó un documento si contiene su firma digital

Firma de documentos con criptografía simétrica y un árbitro

- Alice encripta su mensaje para Bob con una clave Ka y la envía a Trent
- Trent desencripta el mensaje con Ka
- Trent une el mensaje a una certificación de que recibió el mensaje de parte de Alicia, encripta todo esto con Kb, y se lo envía a Bob
- Bob desencripta lo recibido con Kb. Lee el mensaje y la certificación de Trent.

Firma de documentos con algoritmos de clave pública

- Alice encripta el mensaje con su clave privada (firma)
- Alice envía el mensaje a Bob
- Bob desencripta el mensaje con la clave pública de Alice, verificando la firma

Firmas de documentos encriptados

- Alice firma el mensaje con su clave privada
  - Sa(M)
- Alice encripta el mensaje firmado con la clave pública de Bob, y lo envía a Bob
  - Eb(Sa(M))
- Bob desencripta el mensaje con su clave privada
  - Db(Eb(Sa(M))=Sa(M)
- Bob verifica la firma usando la clave pública de Alice
  - Va(Sa(M))=M

Bit commitment

- Bob genera una cadena random R y se la envía a Alice
- Alice crea un mensaje con el bit por el cual va a comprometerse y la cadena random enviada por Bob. Lo encripta con una clave random K, y le envía el resultado. (Bob no puede desencriptarlo, así que no conoce el bit)
- Pasa el tiempo. Alice envia a Bob la clave K
- Bob desencripta el mensaje para ver el bit. Verifica que la cadena random sea igual.

Fair coin flip

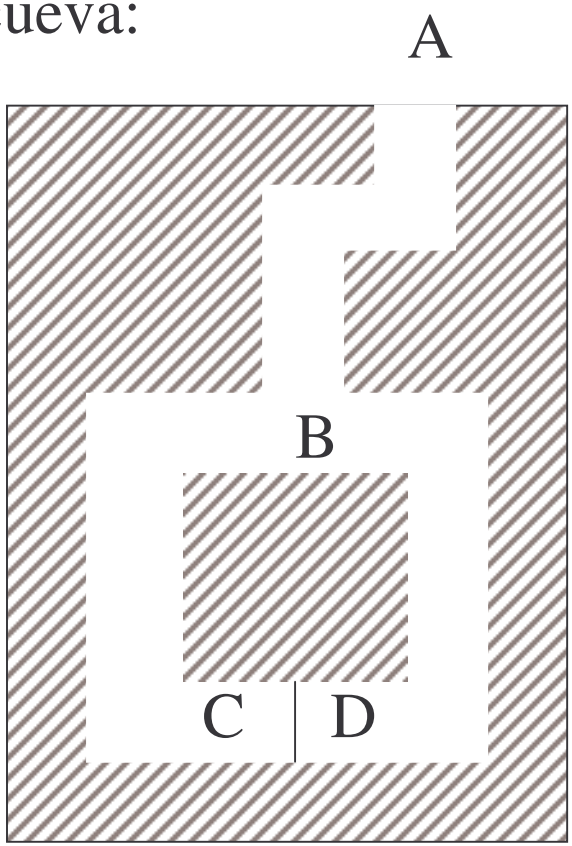
- Alice elige un bit en forma random, y utiliza el protocolo de bit-commitment
- Bob trata de adivinar el bit
- Alice muestra el bit a Bob. Bob gana si adivinó en forma correcta

Fair coin flip con algoritmos de clave pública

- Alice y Bob generan un par de clave pública/privada cada uno.
- Alice genera dos mensajes distintos. Cada uno tiene que contener una cadena random para que después los pueda identificar. Encripta los dos mensajes con su clave pública y se los envía a Bob en un orden random.
- Bob elige uno al azar. Lo encripta con su clave pública y se lo envía a Alice.
- Alice lo desencripta con su clave privada y se lo envía a Bob.
- Bob desencripta el mensaje con su clave privada para revelar el resultado. Envía el mensaje desencriptado a Alice
- Alice verifica la cadena random. Los dos revelan los pares de claves para que puedan verificar que no hicieron trampa.

Zero-knowledge proofs

- El problema de la cueva:



Zero-knowledge proof of identity

- El problema del juego de ajedrez
- El fraude de la mafia
- El fraude del terrorista
- El fraude de las múltiples identidades
- Alquiler de pasaportes

Dinero digital

- Alice prepara 100 órdenes anónimas por $1000 c/u.
- Pone cada una en un sobre con papel carbónico.
- El banco abre 99 sobres y confirma que cada uno contiene una orden por $1000.
- El banco firma el sobre que queda. A través del carbónico se pasa la firma a la orden. Devuelve el sobre a Alice y le descuenta $1000 de su cuenta.
- Alice abre el sobre y gasta el dinero con un comerciante.
- El comerciante verifica la firma del banco. Lleva la orden al banco para cobrar el dinero.
- El banco verifica su firma y acredita $1000 a la cuenta del comerciante.

Knapsacks

- El problema de la mochila:
  - *“Se tiene una mochila con capacidad para ‘K’ kilos. Además se cuenta con una lista de ‘n’ objetos cuyos pesos se conocen y son (A1, A2, …, An). El problema consiste en seleccionar una cierta cantidad de objetos de la lista de forma tal que la mochila quede completamente llena.”*
- Para resolverlo, hay que probar todas las combinaciones.

Knapsacks

- Si los pesos de los objetos están en un vector, cada combinación puede escribirse como un número binario de n bits. Un uno en la posición I indica que el elemento I debe estar en la mochila.

  - A=(3,45,6,7,21,12,9,90) -> a este vector se lo llama *Knapsack*

  - C1=(00000001)=90
  - C2=(10101010)=3+6+21+9=39

Knapsacks

- Ejemplo de encriptación con clave privada, que utiliza knapsacks:

Con bloques de 8 bits y usando el código Asciii, si el vector es:
(3,45,6,7,21,12,9,90)

‘'H' = 01001000 = 45 + 21 = 66

'o' = 01101111 = 45 + 6 + 21 + 12 + 9 + 90 = 183

'l' = 01101100 = 45 + 6 + 21 + 12 = 84

'a' = 01100001 = 45 + 6 + 90 = 141

'Hola' = 66,183,84,141

Knapsacks

- Se simplifica el problema de la mochila usando un vector super-incrementante.

  Ej: (1,3,5,11,21,44,87,175,349,701) es super-incrementante.

  Para 734: Como 734 > 701 => el bit numero 10 es 1

  734-701 = 33

  Para 33: 33 > 21 => el bit 5 es 1

  33-21 = 12

  Para 12 : 12 > 11 => el bit 4 es 1

  12-11 = 1

  Para 1 : El bit 1 es 1

  Luego 734=(1001100001) = 1+11+21+701

Knapsacks

- Una vez que tenemos un vector super-incrementante, se eligen dos números t y m, de forma tal que no tengan factores en común.
  - El número t es el multiplicador
  - El número m es el módulo
- Además se tiene t', inverso multiplicativo de t en aritmética modulo m.
- A cada elemento Ai del knapsack se le aplica: Ai'=Ai*t mod m. El vector obtenido es la clave pública (ya no es super-incrementante)
- La clave privada está compuesta por t' y m.

Knapsacks

- Ejemplo: Para encriptar:

  Sea m=1590, t=43, t'=37 (37*43=1591, 1591 mod 1590=1)
  (1,3,5,11,21,44,87,175,349,701)=>(43,129,215,473,903,302,561,1165,697,1523)

  Supongamos que queremos encriptar 'Hola'

  'H' = 01001000 = 129 + 903 = 1032

  'o' = 01101111 = 129 + 215 + 903 + 302 + 561 + 1165 = 3275

  'l' = 01101100 = 129 + 215 + 903 + 302 = 1549

  'a' = 01100001 = 129 + 215 + 1165 = 1509

  'Hola' = 1032,3275,1549,1509

Knapsacks

- Ejemplo: Para desencriptar:

  1032 * 37 mod 1590 = 24
  3275 * 37 mod 1590 = 335
  1549 * 37 mod 1590 = 73
  1509 * 37 mod 1590 = 183

  Se convierte el vector publico en un vector super-incrementante utilizando la misma transformación.

  Luego con los números (24,335,73,183) y el vector super incrementante se puede desencriptar fácilmente el mensaje.

RSA

- Denominado así debido a sus autores: Rivest, Shamir y Adleman.
- Sean dos números p y q primos de aprox. 100 digitos c/u.
- n=p*q y □(n) = (p-1) * (q-1)
- Se elige un número random d (exponente de desencriptacion), tal que d y □(n) son relativamente primos. Y un número e (exponente de encriptación) , 1<e< □(n) tal que e*d=1 usando aritmética módulo □(n)
- La clave pública está formada por n y e.
- La clave privada está formada por p, q, □(n) y d.

RSA

- Para encriptar, se pasa el mensaje a binario y se lo divide en bloques de un cierto tamaño. Cada bloque se encripta elevando el número a la potencia e y reduciéndolo módulo n. Para desencriptar, se eleva el código a la potencia d y se lo reduce módulo n.
- Ejemplo: p=5, q=11, n=p*q=55, □(n) =40.
  - Elegimos d=23 (23 y 40 son relativamente primos)
  - e=7 pues 7*23=161 (161 mod 40=1)
    - 1 1 (1^7 mod 55) 1^23 mod 55=1
    - 2 18 (2^7 mod 55) 18^23 mod 55=2
    - 3 42(2^7 mod 55) 42^23 mod 55 = 3

PGP

- PGP: Pretty Good Privacy
- Trabaja con un algoritmo RSA con claves de 256, 512 o 1024 bits.
- Genera las claves publicas y privadas del usuario utilizando un algoritmo de pseudoaleatorización que mide los tiempos transcurridos entre lo que se tipea en un teclado. Dichas claves se almacenan en disco
- Las claves publicas de otros usuarios, se almacenan en un conjunto de claves públicas (Public-key-ring).