INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Escuela Superior de Cómputo

ESCOM

Trabajo Terminal

"Protocolo criptográfico para el almacenamiento sin duplicados en la nube, resistente a ataques por fuerza bruta."

2016-B045

Presentan

Eder Jonathan Aguirre Cruz

Diana Leslie González Olivier

Jhonatan Saulés Cortés

Directora

Dra. Sandra Díaz Santiago

Mayo 2017

Índice

Índice de Figuras

Índice de Tablas

Capítulo 1

Introducción

1.1. Justificación

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos Generales

1.2.2. Objetivos Específicos

Capítulo 2

Preliminares

2.1. Criptografía

2.1.1. Tipos de Ataques

2.1.2. Criptografía Simétrica

La criptografía simétrica utiliza la misma clave para cifrar y descifrar el mensaje de datos, es decir se basa en un secreto compartido [**?**].
Características de la Criptografía simétrica:

- La clave es la misma para cifrar que para descifrar un mensaje, por lo que sólo el emisor y el receptor deben conocerla.
- Se basan en operaciones matemáticas sencillas, por ello son fácilmente implementados en hardware.
- Debido a su simplicidad matemática son capaces de cifrar grandes cantidades de datos en poco tiempo.

[1]
Los algoritmos criptográficos simétricos tienen dos versiones: cifrador en bloque y cifrador en flujo. Una cifra es una palabra para describir un algoritmo de cifrado. El beneficio del uso de un algoritmo simétrico radica en el procesamiento rápido para encriptar y desencriptar un alto volumen de datos. El cifrado simétrico es una eficaz táctica de almacenamiento de información sensible en una base de datos, un registro o archivo [1] El cifrado simétrico puede ser representado con el siguiente diagrama 2.2.

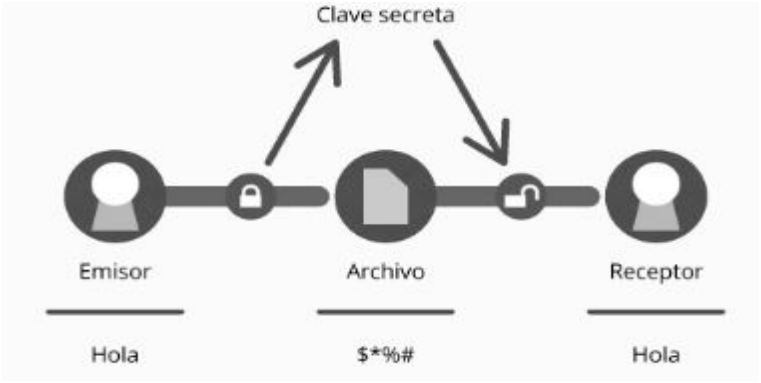


Figura 2.1: Diagrama Criptografía Simétrica

La sintaxis de un esquema de cifrado simétrico, esta dada por la siguiente definicón.

Definición 2.1 *Un esquema de cifrado simétrico está conformado por una tripleta de algoritmos* $\Pi = (\mathsf{Gen}, \mathsf{Enc}, \mathsf{Dec})$*, definidos como se describe a continuación:*

- *El algoritmo generador de claves* Gen *selecciona una llave* K *al azar del conjunto de llaves* $\mathcal{K}$*, esto se denotará como* $K \xleftarrow{\$} \mathcal{K}$*. Esta clave* K *será usada por los algoritmos* Enc *y* Dec*, esta clave la compartirán emisor y receptor.*

- *El algoritmo de cifrado* Enc*, toma como entrada un texto en claro* $M \in \mathcal{M}$ *y una clave* K *generada por* Gen *y regresa un texto cifrado* $C \in \mathcal{C}$*. Usualmente esto se denota como* $C \leftarrow \mathsf{Enc}_K(M)$*.*

- *El algoritmo de descifrado* Dec*, toma como entrada un texto cifrado* C *y una llave* K *y regresa* M*. Esta operación se denota por* $M \leftarrow \mathsf{Dec}_K(C)$*. Para que cualquier algoritmo de cifrado simétrico funcione correctamente, se debe garantizar que para todas las llaves posibles en* $\mathcal{K}$ *y todos los posibles mensajes* $\mathcal{M}$*,*

$$\mathsf{Dec}_K(\mathsf{Enc}_K(M)) = M.$$

2.1.3. Criptografía asimétrica

La criptografía asimétrica es por definición aquella que utiliza dos claves diferentes para cada usuario, una para cifrar que se le llama clave pública y otra para descifrar que es la clave privada. Los algoritmos asimétricos son diferentes a los simétricos en un sentido muy importante [1]. Cuando se genera una clave simétrica, simplemente se escoge un número aleatorio de la longitud apropiada. Al generar claves asimétricas el proceso es más complejo. Los algoritmos asimétricos se llaman asimétricos porque en lugar de usar una sola clave para realizar la codificación y la decodificación, se utilizan dos claves diferentes: una para cifrar y otra para descifrar. Estas dos claves se encuentran asociadas matemáticamente, cuya característica fundamental es que una clave no puede descifrar lo que cifra. [1].

Características de la Criptografía simétrica:

- Se utiliza una clave para cifrar y otra para descifrar. El emisor emplea la clave pública del receptor para cifrar el mensaje, éste último lo descifra con su clave privada.

- Se basan en operaciones matemáticas complejas.
- Se ejecutan de 100 a 1000 veces más lento que los algoritmos simétricos.

[1]

Los beneficios de la criptografía asimétrica son la solución a los problemas de la criptografía simétrica, pues las claves públicas pueden ser distribuidas con toda tranquilidad, no valen de nada sin las claves privadas. El cifrado asimétrico se le emplea muy frecuente para pasar con seguridad una clave privada, que posteriormente, será la que se utilice para cifrar y/o descifrar otra información. El cifrado asimétrico puede ser representado con el siguiente diagrama **??**.

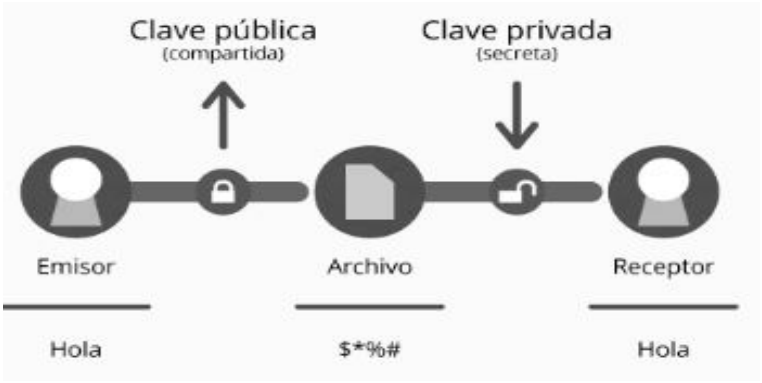


Figura 2.2: Diagrama Criptografía Asimétrica

2.1.4. Cifrado por bloques

Los algoritmos de cifrado por bloques toman bloques de tamaño fijo del texto en claro y producen un bloque de tamaño fijo de texto cifrado, generalmente del mismo tamaño que la entrada. El tamaño del bloque debe ser lo suficientemente grande como para evitar ataques de texto cifrado. La asignación de bloques de entrada a bloques de salida debe ser uno a uno para hacer el proceso reversible y parecer aleatoria.
Para la asignación de bloques los algoritmos de cifrado simétrico realizan sustituciones y permutaciones en el texto en claro hasta obtener el texto cifrado.
La sustitución es el reemplazo de un valor de entrada por otro de los posibles valores de salida, en general, si usamos un tamaño de bloque k, el bloque de entrada puede ser sustituido por cualquiera de los 2k bloques posibles. La permutación es un tipo especial de sustitución en el que los bits de un bloque de entrada son reordenados para producir el bloque cifrado, de este modo se preservan las estadísticas del bloque de entrada (el número de unos y ceros).

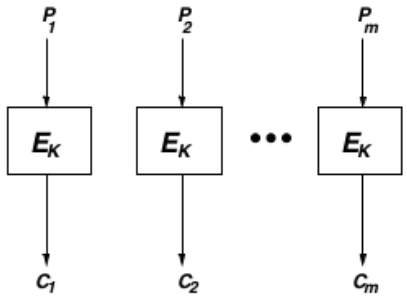
Los algoritmos de cifrado por bloques iterativos funcionan aplicando en sucesivas rotaciones una transformación (función de rotación) a un bloque de texto en claro. La misma función es aplicada a los datos usando una subclave obtenida de la clave secreta proporcionada por el usuario. El número de rotaciones en un algoritmo de cifrado por bloques iterativo depende del nivel de seguridad deseado.

La sustitución es el reemplazo de un bloque de n bits por otro bloque de n bits en un espacio de 2^k [11]. Los cifradores por bloques mas usados son AES (Advanced Encryption Standard, por sus siglas en inglés) y DES (Data Encryption Standard, por sus siglas en inglés).

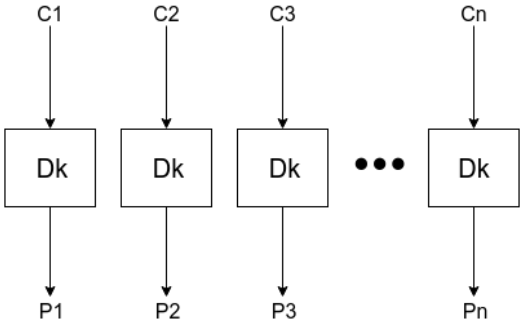
2.1.5. Modos de operación

Los modos de operación fueron desarrollados para el algoritmo DES, estos fueron estandarizados en Diciembre de 1980. Cuando la información es cifrada usando la misma clave, surge una serie de problemas de seguridad. En esencia los modos de operación son una técnica para mejorar el efecto criptográfico de los cifradores por bloques [25].

ECB(Electronic codebook): Este modo de operación es probablemente el más simple de todos, el texto plano M está segmentado como $M = M_1||M_2||...||M_m$ donde cada M_i es un bloque de n bits. A continuación la función de cifrado E_k se aplica por separado a cada bloque M_i.
A continuación tenemos el diagrama de este modo de cifrado.

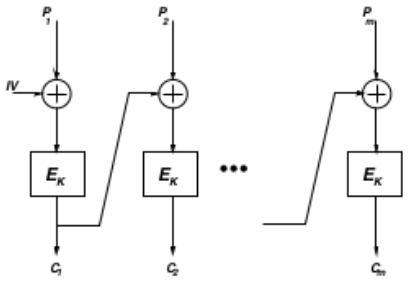


(a) Diagrama ECB Cifrado

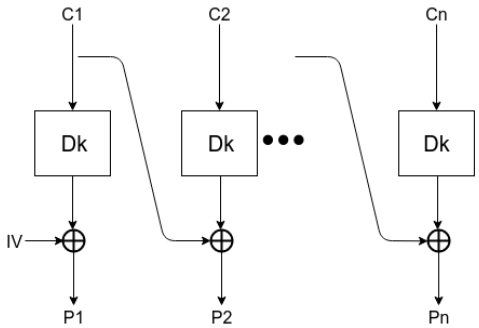


(b) Diagrama ECB Descifrado

CBC(Cipher-block chaining): Para este modo de operación la salida de un bloque de cifrado se introduce en el siguiente bloque de cifrado junto con el siguiente bloque del mensaje.



(a) Diagrama CBC Cifrado

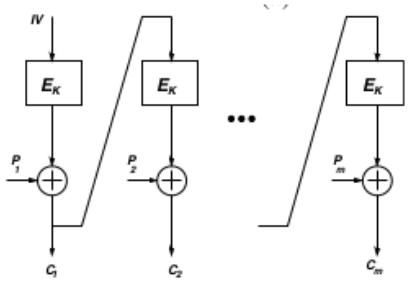


(b) Diagrama CBC Descifrado

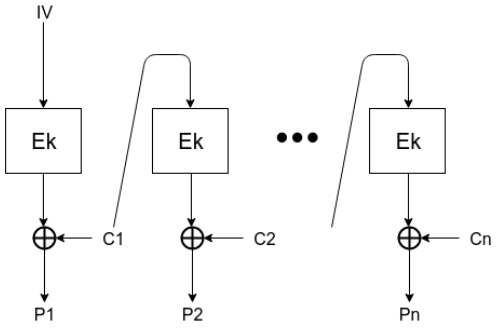
Algorithm CBC.Encrypt$_K^{\text{IV}}(P)$	**Algorithm** CBC.Decrypt$_K^{\text{IV}}(C)$
1. Partition P into $P_1, P_2, \ldots, P_m$	1. Partition C into $C_1, C_2, \ldots, C_m$
2. $C_1 \leftarrow E_K(P_1 \oplus \text{IV})$;	2. $P_1 \leftarrow E_K^{-1}(C_1) \oplus \text{IV}$
3. **for** $i \leftarrow 2$ to m	3. **for** $i \leftarrow 2$ to m
4. $\quad C_i \leftarrow E_K(P_i \oplus C_{i-1})$	4. $\quad P_i \leftarrow E_K^{-1}(C_i) \oplus C_{i-1}$
5. **end for**	5. **end for**
6. **return** $C_1, C_2, \ldots, C_m$	6. **return** $P_1, P_2, \ldots, P_m$

CBC toma como bloques de mensajes de entrada M y un vector de inicialización (IV). Durante el cifrado, la salida del i-ésimo bloque depende de los i-1 bloques anteriores. Así, el cifrado CBC es intrínsecamente secuencial.

CFB(Cipher Feedback): En este modo de operación, los bloques de cifrado también están encadenados pero a la salida se produce de una manera muy diferente de la de CBC. Cada bloque de salida se le aplica XOR con el siguiente bloque de entrada.



(a) Diagrama CFB Cifrado

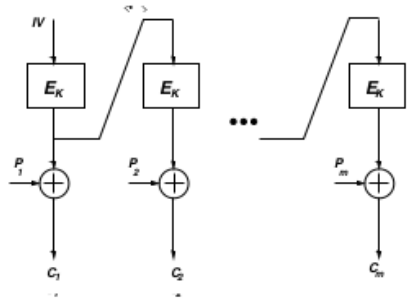


(b) Diagrama CFB Descifrado

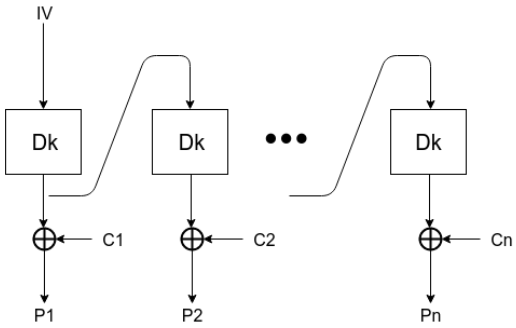
Algorithm CFB.Encrypt$_K^{\text{IV}}(P)$	**Algorithm** CFB.Decrypt$_K^{\text{IV}}(C)$
1. Partition P into $P_1, P_2, \ldots, P_m$	1. Partition C into $C_1, C_2, \ldots, C_m$
2. $C_1 \leftarrow E_K(\text{IV}) \oplus P_1$;	2. $P_1 \leftarrow E_K(IV) \oplus C_1$
3. **for** $i \leftarrow 2$ to m	3. **for** $i \leftarrow 2$ to m
4. $\quad C_i \leftarrow E_K(C_{i-1}) \oplus P_i$	4. $\quad P_i \leftarrow E_K(C_{i-1}) \oplus C_i$
5. **end for**	5. **end for**
6. **return** $C_1, C_2, \ldots, C_m$	6. **return** $P_1, P_2, \ldots, P_m$

OFB(Output feedback): En este modo de operación el IV se cifra varias veces para obtener un flujo de bytes aleatorios, el resultado de esto se aplica XOR con el bloque de texto plano

mientras que el flujo de bytes aleatorios se usa como parámetro del siguiente bloque. A diferencia de los otros modos en OFB ninguna parte del texto claro entra directamente a cifrarse.



(a) Diagrama OFB Cifrado



(b) Diagrama OFB Descifrado

Algorithm $\text{OFB.Encrypt}_K^{\text{IV}}(P)$	**Algorithm** $\text{OFB.Decrypt}_K^{\text{IV}}(C)$
1. Partition P into $P_1, P_2, \ldots, P_m$	1. Partition C into $C_1, C_2, \ldots, C_m$
2. $X \leftarrow \text{IV}$;	2. $X \leftarrow \text{IV}$
3. **for** $i \leftarrow 1$ to m	3. **for** $i \leftarrow 1$ to m
4. $\quad X \leftarrow E_K(X)$;	4. $\quad X \leftarrow E_K(X)$;
5. $\quad C_i \leftarrow X \oplus P_i$	5. $\quad P_i \leftarrow X \oplus C_i$
6. **end for**	6. **end for**
7. **return** $C_1, C_2, \ldots, C_m$	7. **return** $P_1, P_2, \ldots, P_m$

2.1.6. Funciones Hash

A continuación se describirán las características de las *funciones hash*, también conocidas como *funciones de resumen*. Las funciones hash basan su definición en funciones de un solo sentido (*one-way functions*, en inglés). Una función de un sólo sentido es aquella que para un valor x, es muy fácil calcular $f(x)$, pero es muy difícil hallar $f^{-1}(x)$. Es complicado en general, hallar funciones de éste tipo y probar que lo son.

Definición 2.2 *Una función hash, es una función de un sólo sentidocuya entrada m es un mensaje de longitud arbitraria y la salida es una cadena binaria de longitud fija. Al resumen o hash de un mensaje m, se le denotará como $h(m)$. Una función hash debe tener las siguientes propiedades:*

- *Para cualquier mensaje m, debe ser posible calcular $h(m)$ eficientemente.*
- *Dado $h(m)$, debe ser computacionalmente difícil, hallar un mensaje m', tal que $h(m) = h(m')$.*
- *Debe ser computacionalmente difícil, hallar dos mensajes m y m' tales que $h(m) = h(m')$.*

Entre las funciones hash que se usan para criptografía están: MD2, MD4, MD5, donde MD significa *Message Digest*, y el algoritmo estándar al momento de escribir éstas notas es el *Secure Hash Algorithm* por sus siglas en inglés SHA. La MD5 fue diseñada por Ron Rivest, toma como entrada un mensaje de longitud arbitraria y proporciona como salida una cadena binaria de 128 bits. El mensaje de entrada se procesa por bloques de 512 bits. La SHA fue diseñada por en NIST y se estableció como estándar en 1993. Recibe como entrada un mensaje con longitud menor a 2^{64} bits y como salida se obtiene una cadena binaria de 160 bits. Al igual que el MD5, se procesa en bloques de 512 bits [25].

Capítulo 3

Adversarios Clasificadores

Capítulo 4

Tecnologías usadas

Capítulo 5

Análisis y Diseño

5.1. Diagramas de caso de uso

Capítulo 6

Desarrollo de prototipos

6.1. Prototipo 1

Capítulo 7

Conclusiones y Trabajo a Futuro

7.1. Conclusiones

Apéndice A

Código fuente del prototipo 2

Referencias

[1] Cifrado simetrico. Guía de Gnu Privacy Guard, 2015. https://www.gnupg.org/gph/es/manual/c190.html#AEN201.

[2] em client. eM Client web page, 2015. http://www.emclient.com/.

[3] Opera mail. Opera Mail web pages, 2015. http://www.opera.com/es-419/computer/mail.

[4] Post box. Post Box web page, 2015. https://www.postbox-inc.com/.

[5] Thunderbird. Thunderbird web pages, 2015. https://www.mozilla.org/es-ES/thunderbird/.

[6] Zimbra. Zimbra web pages, 2015. https://www.zimbra.com/.

[7] R. Allenby. *Rings, fields, and groups: an introduction to abstract algebra*. E. Arnold, 1983.

[8] Alonsojpd. Montar un servidor de correo electrónico mail en linux ubuntu. AJPDsoft, 2015. http://www.ajpdsoft.com/modules.php?name=News&file=article&sid=506.

[9] T. Brehm. The perfect server - ubuntu 15.10 (wily werewolf) with apache, php, mysql, pureftpd, bind, postfix, dovecot and ispconfig 3. How to Forge, 2015. https://www.howtoforge.com/tutorial/ubuntu-perfect-server-with-apache-php-myqsl-pureftpd-bind-postfix-doveot-and-ispc

[10] M. Brodsky. Reflexiones jurídicas sobre el e-marketing en chile. Interactive Advertising Bureau, 2015. http://www.iab.cl/reflexiones-juridicas-sobre-el-e-marketing-en-chile/.

[11] D. Chakraborty and F. Rodríguez-Henríquez. Block cipher modes of operation from a hardware implementation perspective. In Ç. K. Koç, editor, *Cryptographic Engineering*, pages 321–363. Springer, 2009.

[12] S. Diaz-Santiago and D. Chakraborty. On securing communication from profilers. In P. Samarati, W. Lou, and J. Zhou, editors, *SECRYPT 2012 - Proceedings of the International Conference on Security and Cryptography, Rome, Italy, 24-27 July, 2012, SECRYPT is part of ICETE - The International Joint Conference on e-Business and Telecommunications*, pages 154–162. SciTePress, 2012.

[13] P. Golle and A. Farahat. Defending email communication against profiling attacks. In *Proceedings of the 2004 ACM Workshop on Privacy in the Electronic Society, WPES 2004, Washington, DC, USA, October 28, 2004*, pages 39–40, 2004.

[14] A. Gulbrandsen and N. Freed. Internet Message Access Protocol (IMAP) - MOVE Extension. RFC 6851, 2015.

[15] D. Jurafsky and J. H. Martin. *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 1st edition, 2000.

[16] D. J. C. Klensin. Simple Mail Transfer Protocol. RFC 5321, 2015.

[17] J. Klensin. Simple Mail Transfer Protocol. RFC 2821 (Proposed Standard), April 2001. Obsoleted by RFC 5321, updated by RFC 5336.

[18] W. Koch. The gnu privacy guard. GnuPG web page, 2016. `https://www.gnupg.org/index.html`.

[19] D. P. Martínez. Postgresql vs. mysql. geekWare, 2015. `https://danielpecos.com/documents/postgresql-vs-mysql/`.

[20] J. Myers and M. Rose. Post Office Protocol - Version 3. RFC 1939 (Standard), 1996. Updated by RFCs 1957, 2449.

[21] J. Peralta. Anillos y cuerpos. Campus Virtual Univesidad de Almería, 2016. `http://www.ual.es/personal/jperalta/anilloscuerpos.pdf`.

[22] N. Roshanbin and J. Miller. A survey and analysis of current captcha approaches. *J. Web Eng.*, 12(1-2):1–40, 2013.

[23] sawiyati. How to install apache, php and mariadb on ubuntu 15.04. Server Mom, 2015. `http://www.servermom.org/install-apache-php-mariadb-ubuntu-15-04/2208/`.

[24] A. Shamir. How to share a secret. *Commun. ACM*, 22(11):612–613, 1979.

[25] W. Stallings. *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*. Pearson Education, 5a edition, 2002.

[26] D. R. Stinson. *Cryptography Theory and Practice*. Chapman & Hall/CRC, 3a edition, 2006.

[27] O. Tezer. Sqlite vs mysql vs postgresql: A comparison of relational database management systems. Digital Ocean, 2014. `https://www.digitalocean.com/community/tutorials/sqlite-vs-mysql-vs-postgresql-a-comparison-of-relational-database-management-syst`

[28] M. R. S. Villanueva. Aritmética del reloj. Departamento de Matemáticas de la Universidad de Puerto Rico en Aguadilla, 2016. `http://math.uprag.edu/milena/4.5%20ARITMETICA%20DEL%20RELOJ.pdf`.

[29] Wikipedia. Ciphertext-only attack — Wikipedia, the free encyclopedia, 2015. https://en.wikipedia.org/wiki/Ciphertext-only_attack.

[30] Wikipedia. Email — Wikipedia, the free encyclopedia, 2015. http://en.wikipedia.org/wiki/Email.

[31] Wikipedia. Pretty good privacy — Wikipedia, the free encyclopedia, 2015. https://es.wikipedia.org/wiki/Pretty_Good_Privacy.

[32] L. G. G. y Dr. Sergio Rajsbaum. Critofrafía. Temas selectos de la web, 2015. http://www.matem.unam.mx/rajsbaum/cursos/web/presentacion_seguridad_1.pdf.

[33] E. A. M. y M.C. Ma. Jaquelina López Barrientos. Fundamentos de critofrafía. Universidad Nacional Autonoma de México Facultad de Ingenieria, 2015. http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/criptografia/criptografia/.