Lab. 2-3 Good to know

1. Terminologie

Plain Text = text în clar	Mesajul inițial, înainte de a fi criptat
Cifru	Sistem de semne convenționale cu care se transmit comunicări secrete.
Ciphertext (Criptograma)	Versiunea criptată a mesajului inițial
Cod	O regulă cu ajutorul căreia se va înlocui o literă (cuvânt) din mesajul inițial cu alt obiect, nu neapărat de același tip. Un exemplu este codul Morse: SOS = "…---…"
Criptare	Procesul de transformare al unui plaintext în ciphertext.
Decriptare	Procesul de transformare al unui ciphertext in plaintext.
Cheie	Informația secretă cunoscută doar de expeditor și de destinatar.
Criptografie	Știința criptării și decriptării mesajelor cu cheie sau sistem de criptare cunoscute.
Criptanaliză	Știința decriptării mesajelor fără a cunoaște cheia sau algoritmul de criptare folosit.
DEA	Data Encryption Algorithm
IDEA	International Data Encryption Algorithm
DES	Data Encryption Standard
AES	Advanced Encryption Standard
Criptosistem = Sistem criptografic	Un sistemul care realizează operații de criptare și decriptare.

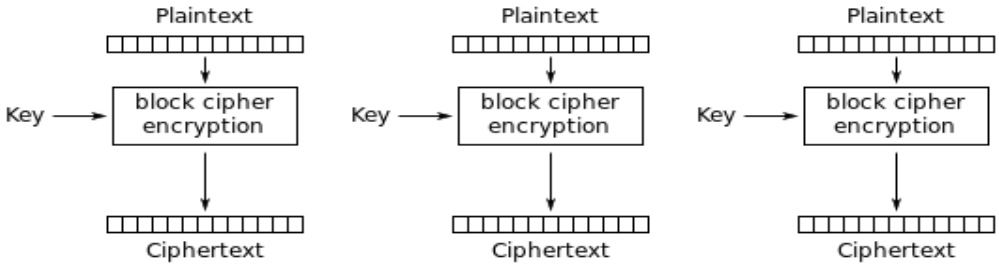
2. DES - Data Encryption Standard
(https://ro.wikipedia.org/wiki/Data_Encryption_Standard) este un criptosistem simetric, bazat pe Arhitectura Feistel (https://en.wikipedia.org/wiki/Feistel_cipher). Metoda a fost selectata ca standard federal de procesare a informațiilor în Statele Unite în 1976. A fost dezvoltata de un colectiv de la IBM, o versiune initiala numindu-se LUCIFER. Criptosistemul a fost spart in 1998 prin brute-force = cautare exhaustiva, de catre Electronic Frontier Foundation folosind o aparatura in valoare de 250000$. DES este astăzi considerat nesigur, datorita cheii de 56 de biți, considerată prea scurtă. **Imbunatatire**: chei mai lungi: 3DES = Triple DES. In 3DES mesajul este criptat cu un algoritmul de criptare folosind setul de chei K, algoritmul de decriptare este aplicat cu un set de chei K' si din nou se aplica algoritmul de criptare cu setul de chei K. 3DES este considerat mai sigur.

Super imbunatatiri: posibilitatea de a folosi chei de 128, 192 si 256 biti: **AES**

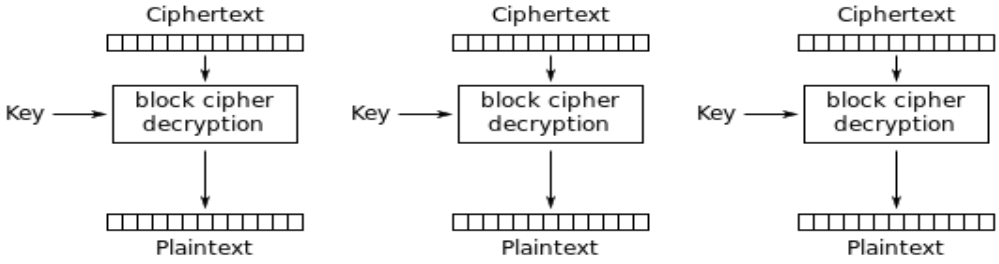
3. AES - Advanced Encryption Standard (https://ro.wikipedia.org/wiki/AES) Este un sistemul de criptare pe blocuri, fiind cea mai buna substitutie pentru DES. A fost creat de Vincent Rijmen si Joan Daemen - **cifrul Rijndael**: operează pe blocuri de 128 de biți, operații orientate pe octet-cheie de criptare de lungime 128, 192 sau 256 de biți (doar 56 pentru DES), pentru o cheie de 128 biți numărul de combinații posibile: 3.4×10^{38}!

Moduri de operare AES

ECB - Electronic Code Book
http://cryptowiki.net/index.php?title=Electronic_Code_Book_(ECB)
Criptarea constă în procesarea independentă a fiecărui bloc de 128de biţi cu aceeaşi cheie de criptare.



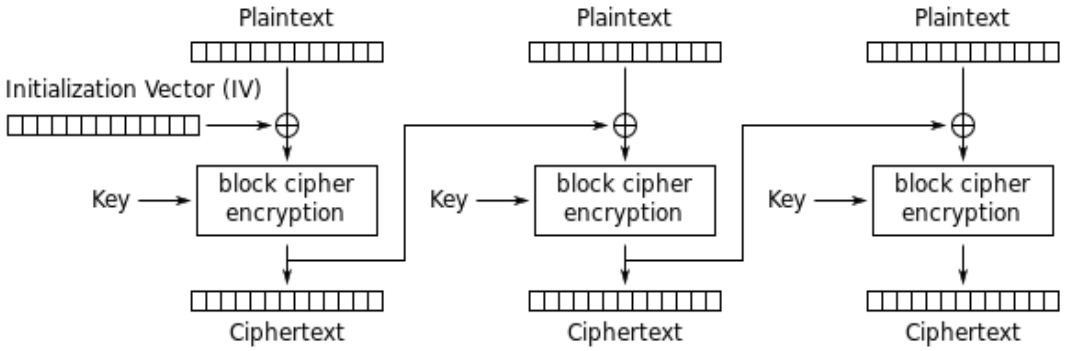
Electronic Codebook (ECB) mode encryption



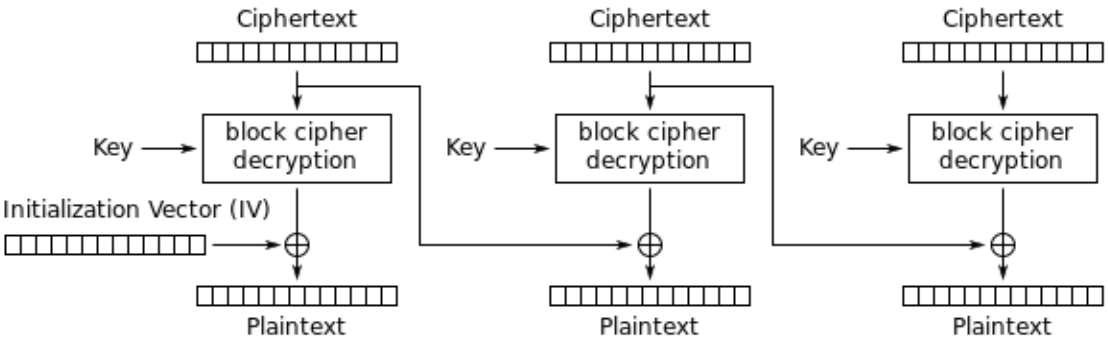
Electronic Codebook (ECB) mode decryption

Dezavantaje: mesaje în clar identice produc mesaje criptate identice; metoda nu este sigură pentru secvenţe lungi de date. Un atacator poate schimba de asemenea ordinea blocurilor criptate.

CBC - Cipher Block Chaining
http://cryptowiki.net/index.php?title=Cipher_Block_Chaining_(CBC)
Fiecare bloc este criptat cu aceeaşi cheie; metoda presupune suplimentar o operaţie SAU EXCLUSIV (XOR) între blocul criptat curent şi mesajul în clar următor.



Cipher Block Chaining (CBC) mode encryption



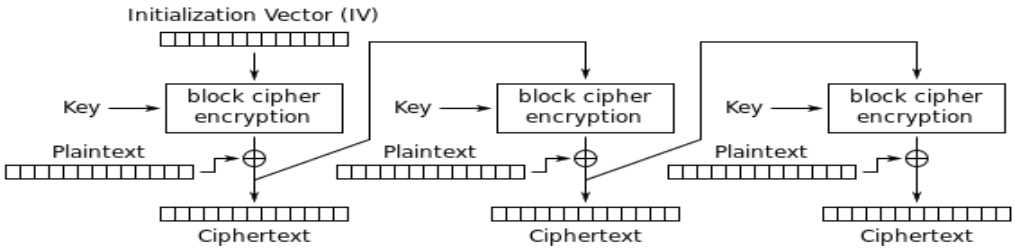
Cipher Block Chaining (CBC) mode decryption

Pentru primul bloc se foloseste un vector de iniţializare – asigură aleatorizarea în debutul procesului de criptare CBC; în absenţa acestuia mesaje în clar identice ar conduce la mesaje criptate identice-vectorul de iniţializare trebuie transmis receptorului.

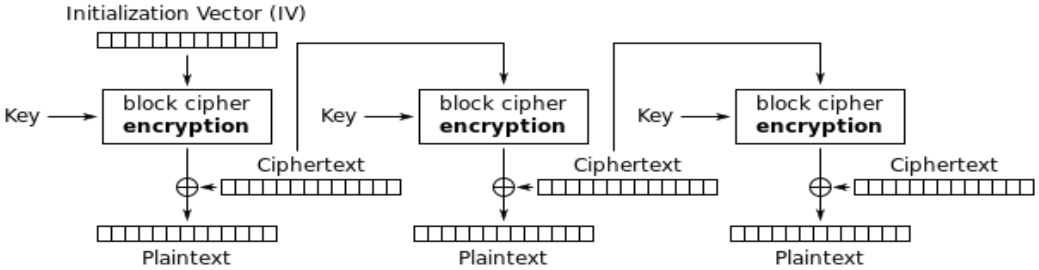
Dezavantaj CBC: erorile apărute în procesul de transmisie într-un bloc criptat afectează şi blocurile următoare

CFB - Cipher Feedback (Lab3)
http://cryptowiki.net/index.php?title=Cipher_Feed_Back_(CFB)

Modul de operare CFB este similar modului de operare CBC, cu diferenta ca se cripteaza blocul ciphertext obtinut la pasul precedent (si nu blocul de plaintext) obtinandu-se un asa zis "flux de cheie" (keystream), care la randul lui este supus unui XOR cu blocul curent de criptat obtinandu-se ciphertextul urmator. Primul pas de criptare se face apeland din nou la un vector initial.

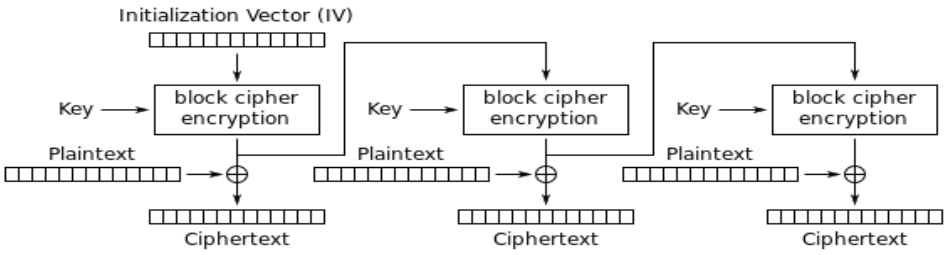


Cipher Feedback (CFB) mode encryption

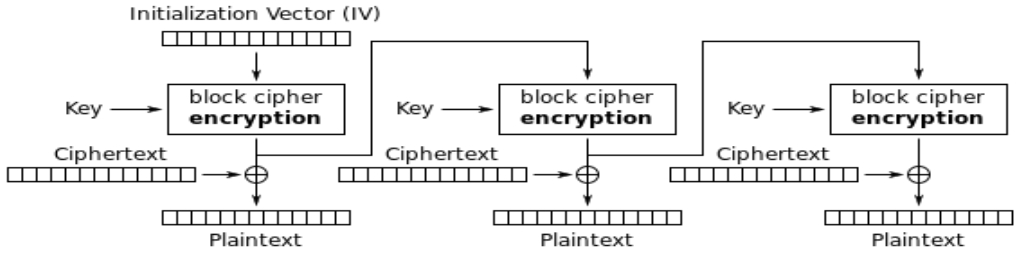


Cipher Feedback (CFB) mode decryption

OFB - Output Feedback (Lab 3)
http://cryptowiki.net/index.php?title=Output_Feed_Back_(OFB)
OFB-ul este asemanator cu CFB, cu diferenta ca algoritmul de criptare se aplica "fluxului de cheie", rezultatul fiind apoi supus unui XOR cu urmatorul bloc de plaintext, obtinandu-se urmatorul bloc criptat.



Output Feedback (OFB) mode encryption



Output Feedback (OFB) mode decryption

4. Aplicatii Tehnici de marcare transparentă a imaginilor şi a semnalelor

Criptarea poate fi privită ca o soluţie pentru protecţia drepturilor de autor. Dezavantajul major constă în faptul că de îndată ce informaţia a fost decriptată aceasta poate fi copiată fără restricţii. Tehnicile de marcare transparentă rezolvă această problemă prin inserarea unei informaţii impercetibile pentru sistemul auditiv sau vizual uman. Informaţia inserată poartă denumirea de **watermark (marcaj)**. Tehnicile de marcare transparentă inserează marcajul într-un semnal gazdă de tip fişier, semnal audio, imagini statice sau secvenţe video. Utilizarea tehnicilor de watermarking în aplicaţii reale presupune definirea a 2 operaţii pereche: *inserarea marcajului* şi *extragerea marcajului.*

Exemple: 1. Protecţia dreptului de autor: autorul introduce un marcaj cu informaţii legate de dreptul său de proprietate.

2. Protejarea la copiere: informaţie de marcaj inserată pentru permiterea sau interzicerea dreptului de copiere

3. Amprentare: inserarea unor informaţii specifice în fiecare copie adatelor originale.

5. Header Orice fişier imagine are un ”header” în care este specificată informaţia referitoare la acea imagine (mărime, culoare, rezoluţie, etc.). Această informaţie este reprezentată prin bytes. Structura headerului diferă de la format la format. De exemplu, headerul unui fisier BMP este format din primii 54 de octeti (bytes), un fisier PCX incepe cu 128-bytes, etc, etc, etc. In link-urile de mai jos gasiti informatii referitoare la header-ul unui fisier imagine, depinzand de formatul acesteia.

in English
http://www.fastgraph.com/help/image_file_header_formats.html

in Romanian
http://ctmtc.utcluj.ro:8080/sites/pni/SACCDAV/Laborator/Laborator01.pdf

Cand se cripteaza o imagine, aceasta se face cu tot cu headerul său (ceea ce corupe formatul imaginii). Asadar, pentru a (re)vizualiza imaginea criptata (cu ajutorul unui program de vizualizare) se “decupeaza” headerul fisierului de criptat (care poate fi

vizualizat folosind editorul hexa-Bless) si se suprapune peste headerul fisierului criptat (vizualizat cu Bless).

O alta posibilitate este de a folosi comenzi in Linux

Exercitiul 1. laborator Instalati editorul Bless pe masina virtuala

- instalare pachet Bless (editor Hexa): sudo apt-get install bless
- configurare editor Bless (Ubuntu14, Lubuntu14):

mkdir /home/nume_cont_utilizator/tempBless //creare director temporar pt Bless

sudo pico /usr/share/bless/default-preferences.xml // deschide fisierul

Se modifica ultima linie din fisier <pref name="ByteBuffer.TempDir"> < /pref > astfel:

<pref name="ByteBuffer.TempDir">/home/nume_cont_utilizator/tempBless</pref> (fara spatii intre > si calea catre director, respectiv cale director <) se salveaza fisierul si se inchide editorul pico

Exercitiul 2. laborator

Folosind comanda *openssl enc* criptati si decriptati un fisier imagine folosind modurile CBC, ECB, CFB sau OFB.

Hint 1: folositi comanzile *man openssl* si *man enc* pentru a consulta instructiunea *enc* in manual. Altfel,

Hint 2: $ *openssl enc ciphertype -e -in plain.txt -out cipher.bin *
*-K 00112233445566778899aabbccddeeff *
-iv 0102030405060708

unde *ciphertype* face apel la unul din algoritmii de criptare CBC, ECB, CFB sau OFB. Mai precis *ciphertype* se inlocuieste cu *–aes-128-cbc, –aes-128-cfb, –bf-cbc, -des-cbc, -des-cfb,* etc.

-in <file> = input file
-out <file> = output file
-e = encrypt
-d = decrypt
-K/-iv = the key/ the initialization vector

Comparati fisierele criptate. Care dintre moduri este mai eficient?

6. The Crypto Library

Biblioteca OpenSSL este dotata cu un API numit EVP, care faciliteaza realizarea si compilarea programelor in C++. Detalii privind programarea in C++ utilizand functiile din API EVP pot fi gasite accesand link-urile

https://www.openssl.org/docs/man1.0.2/crypto/crypto.html

https://wiki.openssl.org/index.php/EVP

sau

https://www.openssl.org/docs/man1.0.2/man3/EVP_EncryptInit.html

Cu ajutorul interfetei API EVP puteti crea propriile voastre programe de criptare si decriptare.

Exercitiul 3. laborator

Utilizand functiile API EVP, scrieti un program C/C++ care primeste ca date de intrare numele a doua fisiere plaintext, criptotext, si un mod de operare (ECB, CBC, CFB sau OFB, la alegere), unde fisierul criptotext este rezultatul operatiei de criptare cu o cheie K (si eventual un vector de initalizare, de exemplu,

IV ="\x01\x02\x03\x04\x05\x06\x07\x08\x09\x0a\x0b\x0c\x0d\x0e\x0f")

a fisierului plaintext. Programul trebuie sa determine cheia K utilizata pentru criptarea fisierului plaintext, stiind ca:

- aceasta cheie, K, are o lungime de 128 biti (16 octeti)
- cheia K este reprezentarea in hexa a unui cuvant din dictionarul englez cu o lungime de 16 caractere (completat cu caracterul spatiu, de cod hexa "\x20", in cazul in care aceasta lungime este mai mica de 16 caractere). De exemplu, pentru cuvantul “cipher” cheia K va fi "\x63\x69\x70\x68\x65\x72\x20\x20\x20\x20\x20\x20\x20\x20\x20\x20"

Pe langa cheia K, programul trebuie sa listeze cuvantul care sta la baza ei, precum si numarul de incercari efectuate pana la gasirea cheii K.

La adresa http://profs.info.uaic.ro/~nica.anca/is/words.txt

se gaseste un fisier text cu cuvinte din dictionarul limbii engleze.

Exemplu de fisier Makefile pentru compilarea unui program C++ ce utilizeaza functii din API EVP:

```
INC=/usr/local/ssl/include/
LIB=/usr/local/ssl/lib/

all:
     gcc -I$(INC) -L$(LIB) -o out source.c -lcrypto -ldl
```

7. One Way Hash Functions (Lab 3)

Do they really exist? - *1.000.000 US$ Millennium Prize* for a correct answer, offered by the Clay Mathematics Institute

Resurse in limba engleza:

https://www.garykessler.net/library/crypto.html#skc

http://www.aspencrypt.com/crypto101_hash.html

http://www.aspencrypt.com/manual_03.html

Resurse in limba romana:

http://www.aut.upt.ro

O **funcţie hash** (hash function) este o funcţie care primeşte ca intrare mesaje de dimensiune variabilă şi returnează un mesaj de lungime fixă din care mesajul iniţial nu poate fi recuperat in mod eficient (problema intractabila). O functie hash

reprezinta un algoritm matematic criptografic care genereaza un checksum (rezumat criptografic) unic pentru fiecare mesaj. Acest checksum se numeste Message Diggest, Diggest sau Hash.

Proprietati ale functiilor hash:

1. Doua mesaje diferite genereaza doua hash-uri diferite, fiecare mesaj genereaza un hash unic, nu exista doua mesaje diferite avand acelasi hash (collision-free).

2. Dimensiunea hash-ului este intotdeauna aceeasi indiferent de marimea datelor care genereaza hash-ul.

3. Aceste functii se numesc one-way functions deoarece nu exista posibilitatea practica (in timp polinomial) ca din hash sa se recupereze mesajul initial (se presupune a fi intractabila – 1.000.000 US$ for a correct answer!).

4. Functiile hash sunt extrem de sensibile la orice modificare oricat de mica (efect de avalansa). Vezi problema tema.

5. Hash-ul unui mesaj este mereu acelasi (pe acelasi mesaj).

6. Din punct de vedere computational, proprietatea de baza a unei functii hash este eficienta. Scopul este de a construi o functie hash cat mai simplu de implementat si cat mai rapida, atunci cand dimensiunea fisierului este oricat de mare. In general hash-ul unui fisier variaza intre 128-256 biti (maximum este de 512 biti) indifferent de dimensiunea intrarii.

Aplicatii ale functiilor hash

1. Sistemele de parole. Parola nu este salvata pe hard-disk ci se salveaza un hash al acesteia. In momentul in care userul introduce parola, se calculeaza hash-ul acesteia care este comparat apoi cu hash-ul salvat in momentul setarii initiale a parolei din fisierul de pe hard disk. Daca cele doua hash-uri sunt egale atunci parola este corecta. Daca parola a fost introdusa gresit atunci hash-ul ei va fi diferit de cel salvat pe hard disk, fiindca fiecare mesaj are propriul sau hash, nu exista doua mesaje (sau doua parole cu acelasi hash). Avantaj: daca un cracker compromite sistemul si are astfel acces la fisierul cu parole, acesta poate observa hash-ul parolelor si nu parolele. Iar din hash nu se poate obtine parola in timp polinomial (proprietatea 3).

2. Garantarea integritatii unui fisier, program executabil etc. Toti producatorii de software includ pe langa fisierul binar care reprezinta programul si hash-ul acestuia. Astfel dupa ce se descarca fisierul, se calculeaza hash-ul acestuia apoi se compara cu cel afisat pe site-ul producatorului. Daca hash-urile nu sunt identice atunci fisierul a fost modificat (virusat sau copiat cu erori). Un singur bit modificat in fisierul al carui hash il calculam, genereaza un Diggest complet diferit (prop. 4 si 5).

3. Semnarea digitala a unui mesaj. Hash-ul mesajului se cripteaza cu cheia privata, iar rezultatul se numeste semnatura digitala. Fizic semnatura digitala este reprezentata print-un fisier care reprezinta o informatie (un text) ce se adauga la sfarsitul fisierului daca fisierul semnat este de tip ASCII.

Se foloseste pentru a garanta:

1. Integritatea mesajului;

2. Non-repudiation (identitatea celui care trimite mesajul, identitatea sursei) si ca acesta nu a fost impersonalizat (trimis de catre altcineva).

Exemplu: Alice doreste sa transmita un mesaj lui Bob dorind ca Bob sa poata fi sigur ca mesajul nu a fost modificat pe drum (integritate) dar si ca Alice este cea care a generat mesajul (garantarea identitatii sursei). Pentru aceasta Alice ataseaza mesajului (care nu trebuie neaparat sa fie criptat) o semnatura digitala obtinuta astfel:
a) Alice trece mesajul (fisierul) pe care doreste sa-l trimita printr-o functie one-way care genereaza un hash (Exemplu: md5);

b) Acest hash, care este unic, este apoi criptat folosind cheia privata a lui Alice. Rezultatul poarta denumirea de semnatura digitala;

c) Mesajul criptat obtinut este atasat mesajului initial si trimis catre destinatie;

d) La destinatie, Bob trece mesajul primit prin aceeasi functie de hashing ca si Alice, obtinand un sir unic pentru acel mesaj;

e) Bob decripteaza semnatura digitala atasata mesajului folosind cheia publica a lui Alice. Daca rezultatul obtinut este acelasi cu cel de la punctul d) este garantat faptul ca Alice este cea care a trimis mesajul si ca acesta nu a fost modificat pe drum.

Algoritmi Hashing

1. MD5 - Message Diggest Version 5
- genereaza un hash pe 128 biti exprimat in 32 cifre hexazecimale;
- a fost creat de prof. Ronald Rivest de la MIT in 1991;
- a fost standardizat in RFC1321;
- este unul dintre cei mai folositi algoritmi de hashing in prezent (2009);
- din 2004 au inceput sa fie descoperite diferite vulnerabilitati ale algoritmului.

2. SHA1 - Secure Hash Algorithm Version 1
- genereaza un hash output pe 160 biti exprimat in 40 cifre hexazecimale;
- a fost creat si publicat de guvernul USA (NSA) in 1993;
- opereaza pe mesaje de maximum 2^64-1 biti;
- este unul dintre cei mai folositi algoritmi de hashing in prezent (2009);
- este vulnerabil, se considera ca va fi inlocuit de un alt algoritm mai sigur;
- SHA2 este o noua familie de algoritmi de Hash publicati in 2001 care contine SHA-224, SHA-256, SHA-384 si SHA-512 dupa nr. de biti ai outputului;

Tipuri de atacuri asupra functiilor hash

Atacul unei functii criptografice (adica recuperarea unui mesaj criptat sau a cheii de criptare) are la baza exploatarea unei vulnerabilitati a functiei hash, care nu a fost luata in consideratie atunci cand a fost implementata. Tipuri de atacuri:

1. Collision attack (atac la coliziune) Presupune gasirea a doua mesaje M si M' cu acelasi hash, h(M) = h(M') in mai putin de 2^(L/2) iteratii. Acest tip de vulnerabilitate nu reprezinta o problema de securitate.

2. First pre-image attack (atac principal la preimagine) Presupune gasirea unui mesaj M astfel incat h(M) = H, unde H este cunoscut, in mai putin de 2^L iteratii. Acest tip de vulnerabilitate reprezinta o grava problema de securitate.

3. Second pre-image attack (atac secundar la preimagine) Presupune gasirea unui

mesaj M', cunoscand un mesaj M, astfel incat h(M) = h(M'), in mai putin de 2^L iteratii. Acest tip de vulnerabilitate reprezinta o grava problema de securitate. L = lungimea hash-ului rezultat

MAC - Message Authentication Code

MAC se foloseste pentru garantarea identitatii sursei si integritatii mesajului. Ideea de baza din spatele unui MAC este urmatoarea: in loc de a calcula doar hash-ul unui mesaj, sursa adauga la mesaj o cheie secreta stiuta doar de catre destinatar si calculeaza hash mesaj + cheie. Catre destinatie se trimite mesajul in clar si MAC-ul sau. Astfel destinatarul calculeaza hash-ul mesajului primit + cheia secreta. Daca MAC-ul primit de la sursa este identic cu cel calculat local de catre destinatie exista garantia integritatii mesajului si identitatii sursei (non-repudiation).

Aplicatii laborator:

1. Generarea hash-ului (Message Digest) si a MAC-ului

Se vor aplica diversi algoritmii hash (MD5, SHA256, SHA1) prin intermediul comenzii

$ openssl dgst dgsttype filename

unde **dgsttype** poate fi unul din algoritmii one-way hash: **-md5, -sha1, -sha256**

Comenzi pentru manual: **$ man openssl** sau **$ man dgst**

2. Keyed Hash sau HMAC

Generati o cheie hash (adica un MAC) pentru un fisier. Exemplu: se poate folosi comanda (pt algoritmul HMAC-MD5, analog pentru HMAC-SHA256, and HMAC-SHA1)

$ openssl dgst –md5 –hmac "abcdefg" filename

Incercati aceeasi comanda cu chei de diverse lungimi. Observati rezultatul.

3. The Randomness of One-way Hash

Exercitiul 1
- Creati un fisier text de lungime arbitrara.
- Generati hash-ul acestuia, fie acesta h_1, folosind unul din algoritmii hash (MD5, SHA256, sau SHA1).
- Schimbati un bit din fisierul de intrare (ceea ce se poate face cu editorul Bless}.
- Generati hash-ul fisierului modificat, fie acesta h_2.
- Comparati h_1 si h_2.

Exercitiul 2 Scrieti un program C/C++ ce utilizeaza API EVP pentru implementarea functiilor hash. Programul va primi ca intrare doua fisiere text, f_1 si f_2, ce au acelasi continut, cu exceptia unui singur caracter. Programul va calcula functiile hash asociate celor doua fisiere, utilizand algoritmii MD5 si SHA256, rezultand hash-urile h1_md5, h2_md5, respective h1_sha256, h2_sha256. De asemenea, programul va compara fisierele rezultate pentru fiecare algoritm in parte, adica: h1_md5 va fi

comparat cu h2_md5, iar h1_sha256 va fi comparat cu h2_sha256 (la nivel de octeti si va afisa numarul de octeti identici in cele doua fisiere.

Hint: http://www.openssl.org/docs/crypto/EVP_DigestInit.html