Curso: (62612) Diseño de aplicaciones seguras

Fernando Tricas García

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza
http://webdiis.unizar.es/~ftricas/
http://moodle.unizar.es/
ftricas@unizar.es

Tema IX: Criptografía

Fernando Tricas García

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza
http://webdiis.unizar.es/~ftricas/
http://moodle.unizar.es/
ftricas@unizar.es

Utilización de la criptografía

- Saber poco de criptografía es más peligroso que no saber nada
- Errores frecuentes
  - No identificar la necesidad
  - Aplicarla mal
- Vamos a discutir errores frecuentes y algunas bibliotecas disponibles

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Recomendaciones generales

- Los desarrolladores no son criptógrafos (nunca inventar sistemas)
  - Un algoritmo criptográfico es algo difícil
  - Las técnicas de criptoanálisis modernas son muy potentes
- Lo mejor es usar algoritmos publicados y ampliamente utilizados
- Tampoco diseñar protocolos criptográficos (incluso los conocidos y utilizados han sido rotos por algún problema en su realización)

Integridad de los datos

- Uno de los fallos más frecuentes es pensar que la criptografía garantiza la integridad de los datos
  - Algo tan simple como cambiar los datos por basura podría ser desastroso
- Colocar 'testigos' no siempre es suficiente
  - Utilizar MAC (Message Autentication Code) para dar cuenta de la integridad y gestionar adecuadamente los fallos de integridad
    Sólo esta parte ya es un buen motivo para utilizar un protocolo conocido

Leyes de exportación

- Ya no hay tantas restricciones (especialmente las de EEUU)
- Hay empresas que, en lugar de exportar la parte criptográfica, la importan!
- Antes de ... comprobar

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Programando con criptografía

La criptografía viene de serie en Java, a partir de JDK 1.4

- JCA (Java Cryptography Architecture)
- JCE (Java Cryptography Extension)

- `java.security` clases no sujetas a controles de exportación
- `javax.crypto` las otras

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Programando con criptografía

Autentificación y control de acceso.

- Java Security Architecture
- JAAS (Java Authentication and Authorization Service)
  - `javax.security.auth.login`

Comunicaciones seguras

- JSSE (Java Secure Sockets Extension)
  - `javax.net.ssl.SSLSocket`
- JGSS (Java General Security Service)
  - `org.ietf.jgss`
- Java SASL API (Simple Authentication and Security Layer)
  - `javax.security.sasl.Sasl`

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Programando con criptografía

Infraestructura de clave pública

- Certificados X.509 y listas de revocación
- CertPath API (Java Certification Path API)
- On–line Certificate Status Protocol (OCSP)
- Java PKCS

- `java.security.KeyStore`
- `java.secrutiy.cert.CertStore`

Herramientas PKI

- `keytool`
- `jarsigner`

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Es Extensible

- Se pueden añadir funciones mediante proveedores (*providers*)
- En `j2.../.../lib/ext` las bibliotecas (es un directorio)
- En `j2.../.../lib/security/java.security` (es un fichero)
  security.provider.X= ....

Se 'recorren' en orden, pero se puede seleccionar

Capacidades

- Resúmenes de mensajes
- Cifrado de clave privada
- Cifrado de clave pública
- Firmas digitales
- Certificados digitales
- Firma de código
- SLL/TLS

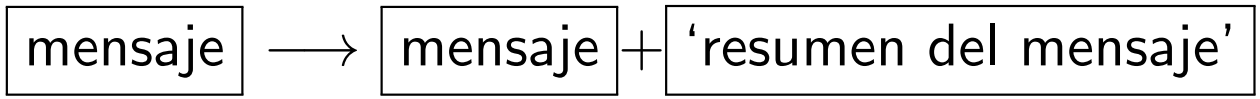
Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Integridad de los mensajes

- Resúmenes:

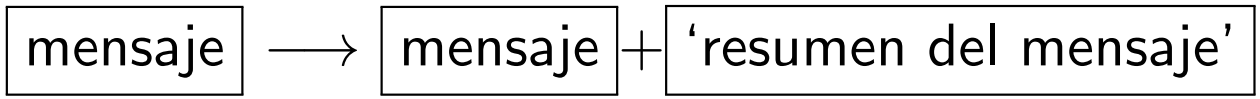
Integridad de los mensajes

- Resúmenes:



Integridad de los mensajes

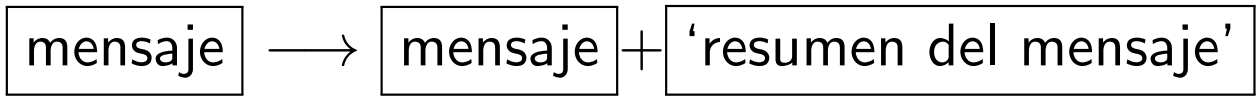
- Resúmenes:



  El resumen funciona en una sola dirección
  - checksum
  - hash

Integridad de los mensajes

- Resúmenes:



  El resumen funciona en una sola dirección
  - checksum
  - hash

MD2, MD5 (128 bits), SHA-1 (160), SHA-256, SHA-383, SHA-512

```
MessageDigest.getInstance("MD5")
MessageDigest.getInstance("MD5","ProveedorX")
.update(textoPlano)
.digest()
```

Ejemplo

http://www.spiration.co.uk/post/1199/Javamd5examplewithMessageDigest

```
include java.security.*;

... etc

sessionid="12345";

byte[] defaultBytes = sessionid.getBytes();
try{
    MessageDigest algorithm = MessageDigest.getInstance("MD5");
    algorithm.reset();
    algorithm.update(defaultBytes);
    byte messageDigest[] = algorithm.digest();

    StringBuffer hexString = new StringBuffer();
    for (int i=0;i<messageDigest.length;i++) {
        hexString.append(Integer.toHexString(0xFF & messageDigest[i]));
    }
    String foo = messageDigest.toString();
    System.out.println("sessionid "+sessionid+" md5 version is "
                                        +hexString.toString());
    sessionid=hexString+"";
}catch(NoSuchAlgorithmException nsae){

}
```

Algoritmos, clases, ...

Si se usa con clave, sirve para autentificar
(*Message Authentication Code, MAC*)
HMAC/SHA-1, HMAC/MD5

```
KeyGenerator.getInstance("HmacMD5")
.generateKey("HmacMD5")
Mac.getInstance("HmacMD5")
.init(MD5key)
.update(textoPlano)
.doFinal()
```

Otros usos de los hash criptográficos

Contención en el uso de recursos ('hash cash'). Puede haber otros esquemas

- El cliente debe producir una cadena aleatoria cuyo hash tiene ciertas características
  - como no valen todas, tarda un poco en conseguirlo, repitiendo.
- El servidor valida la cadena con una operación de hash sencilla
  - una sola vez
- Si el hash es bueno, la única posibilidad es iterar y comprobar
- Comprobación muy simple, cálculo costoso

`http://hashcash.org/`

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Criptografía simétrica

O de clave secreta (privada)

mensaje

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Criptografía simétrica

O de clave secreta (privada)

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Criptografía simétrica

O de clave secreta (privada)

Criptografía simétrica

O de clave secreta (privada)

- En bloques (64 bits). Si no se tiene 64 bits, se completan (*padding*)
- También por bits (*stream ciphers*)

DES usa una clave de 56 bits (estándar EEUU), mejor usar 128 bits,

Cuidado con los 'rellenos'

- Hay que usarlos cuando trabajamos por bloques y la longitud del mensaje no es múltiplo del tamaño del bloque
  Disponibles:
  - Sin relleno
  - PKCS5
  - OAEP
  - SSL3
  - ...

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Cuidado con los 'rellenos'

- Hay que usarlos cuando trabajamos por bloques y la longitud del mensaje no es múltiplo del tamaño del bloque
  Disponibles:
  - Sin relleno
  - PKCS5
  - OAEP
  - SSL3
  - ...

La forma en que se hará el cifrado

- ECB (Electronic Code Book Cipher)
- CBC (Cipher Block Chaining). XOR con el bloque anterior cifrado.
- CFB (Cipher Feedback)
- OFB (Output Feedback)
- PCBC (Plain Cipher Block Chaining)

Los algoritmos

- DES (56 bits, por bloques)
- TripleDES (112 bits)
- AES (Rinjdael bloques de 128, con 128, 192, 256 bits de clave)
- RC2, RC4, RC5 (de RSA)
- Blowfish (Bruce Schneider, longitudes de clave desde 32 a 448 bits -múltiplos de 8-) Adecuado para microprocesadores.
- PBE (Password Base Encryption)

Los algoritmos

```
KeyGenerator.getInstance("DES")
  .init(56)
  .generateKey
Cipher.getInstance("DES/ECB/PCKS5Padding")
  .init(Cipher.ENCRYPT_MODE, key)
  .doFinal(textoPlano)
  .init(Cipher.DECRYPT_MODE, key)
  .doFinal(textoCifrado)
```

Ejemplo

http://ccia.ei.uvigo.es/docencia/SSI/practicas/jce.html

```
import java.security.*;
import javax.crypto.*;
import javax.crypto.interfaces.*;
import javax.crypto.spec.*;
import java.io.*;

public class EjemploDES {
    /*  Ejemplo de uso de funciones de resumen Hash
     *    carga el fichero que recibe como parametro, lo cifra y lo descifra
     */
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        // Comprobar argumentos
        if (args.length != 1) {
            mensajeAyuda();
            System.exit(1);
        }

        /* Cargar "provider" (solo si no se usa el que viene por defecto) */
        // Security.addProvider(new BouncyCastleProvider());  // Usa provider BC
        //

        /* PASO 1: Crear e inicializar clave */

        System.out.println("1. Generar clave DES");
        KeyGenerator keyGen = KeyGenerator.getInstance("DES");
        keyGen.init(56); // clave de 56 bits
        SecretKey clave = keyGen.generateKey();

        System.out.println("CLAVE:");
        mostrarBytes(clave.getEncoded());
        System.out.println();
```

Ejemplo

```
/* PASO 2: Crear cifrador */
Cipher cifrador = Cipher.getInstance("DES/ECB/PKCS5Padding");
// Algoritmo DES
// Modo : ECB (Electronic Code Book)
// Relleno : PKCS5Padding
//

/*************************************************************/
System.out.println("2. Cifrar con DES el fichero "+args[0]+
                   ", dejar el resultado en "+args[0]+".cifrado");

/* PASO 3a: Inicializar cifrador en modo CIFRADO */
cifrador.init(Cipher.ENCRYPT_MODE, clave);

/* Leer fichero de 1k en 1k y pasar fragmentos leidos al cifrador */
byte[] buffer = new byte[1000];
byte[] bufferCifrado;

FileInputStream in = new FileInputStream(args[0]);
FileOutputStream out = new FileOutputStream(args[0]+".cifrado");

int bytesLeidos = in.read(buffer, 0, 1000);
while (bytesLeidos != -1) { // Mientras no se llegue al final del fichero
     bufferCifrado = cifrador.update(buffer, 0, bytesLeidos);
     // Pasa texto claro leido al cifrador
     out.write(bufferCifrado); // Escribir texto cifrado
     bytesLeidos = in.read(buffer, 0, 1000);
}
bufferCifrado = cifrador.doFinal(); // Completar cifrado (puede devolver texto
out.write(bufferCifrado); // Escribir final del texto cifrado (si lo hay)

in.close();
out.close();
```

Ejemplo

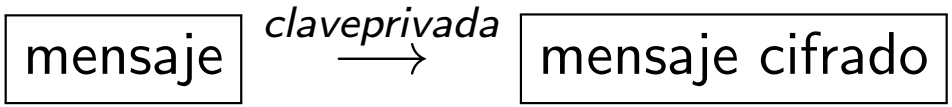
```
        /*************************************************************/
        System.out.println("3. Descifrar con DES el fichero "+args[0]+".cifrado"+
                           ", dejar el resultado en "+args[0]+".descifrado");

        /* PASO 3b: Poner cifrador en modo DESCIFRADO */
        cifrador.init(Cipher.DECRYPT_MODE, clave);

        in = new FileInputStream(args[0]+".cifrado");
        out = new FileOutputStream(args[0]+".descifrado");
        byte[] bufferPlano;

        bytesLeidos = in.read(buffer, 0, 1000);
        while (bytesLeidos != -1) { // Mientras no se llegue al final del fichero
            bufferPlano = cifrador.update(buffer, 0, bytesLeidos); // Pasa texto clar
            out.write(bufferPlano); // Escribir texto descifrado
            bytesLeidos = in.read(buffer, 0, 1000);
        }
        bufferPlano = cifrador.doFinal(); // Completar descifrado (puede devolver text
        out.write(bufferPlano); // Escribir final del texto descifrado (si lo hay)

        in.close();
        out.close();
    } // Fin main()

    public static void mostrarBytes(byte [] buffer) {
        System.out.write(buffer, 0, buffer.length);
    }

    public static void mensajeAyuda() {
        System.out.println("Ejemplo cifrado DES");
        System.out.println("\tSintaxis:   java EjemploDES fichero");
        System.out.println();
    }
```

Criptografía de clave pública

mensaje

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Criptografía de clave pública



Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Criptografía de clave pública

Criptografía de clave pública

O también:

Firma digital

mensaje

No hay cifrado. Sólo garantía del origen.

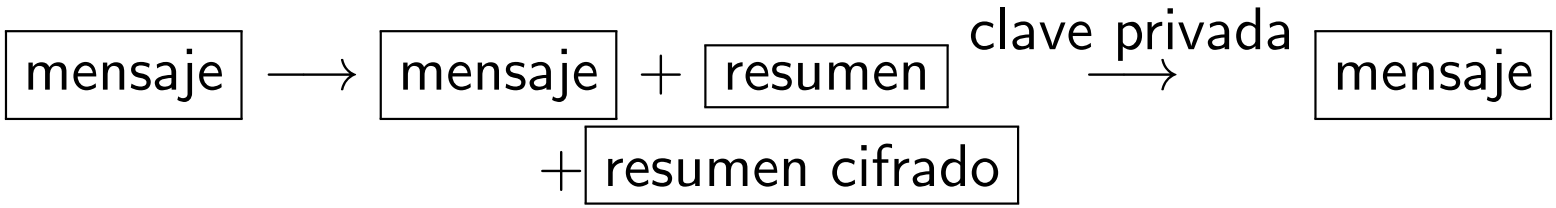
Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Firma digital

No hay cifrado. Sólo garantía del origen.

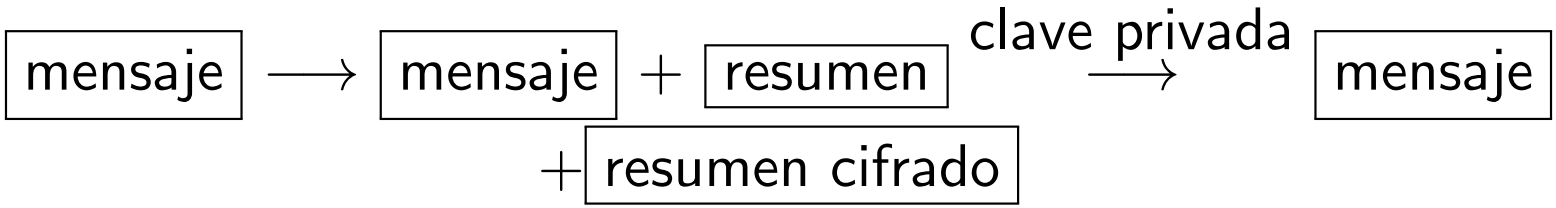
Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Firma digital



No hay cifrado. Sólo garantía del origen.

Firma digital



clave pública $\longrightarrow$ mensaje + resumen

No hay cifrado. Sólo garantía del origen.

Algoritmos

- MD2/RSA
- MD5/RSA
- SHA1/DSA
- SHA1/RSA

Se puede hacer 'a lo bruto' o ...

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Algoritmos

- MD2/RSA
- MD5/RSA
- SHA1/DSA
- SHA1/RSA

Se puede hacer 'a lo bruto' o ...
Utilizar la clase `signature`

```
KeyPairGenerator.getInstance("RSA"),
  .initialize(1024), .generateKeyPair()
Cipher.getInstance("MD5WithRSA")
  .initSign(key.getPrivate())
  .update(textoPlano) .sign()
  .initVerify(key.getPublic()) .verify(signature)
```

Ejemplo

```
import java.security.*;
import java.security.spec.*;

import    javax.crypto.*;
import    javax.crypto.interfaces.*;
import    javax.crypto.spec.*;

import java.io.*;

import org.bouncycastle.jce.provider.BouncyCastleProvider;
// Necesario para usar el provider Bouncy Castle (BC)
//    Para compilar incluir el fichero JAR en el classpath
//
public class EjemploRSA  {
   public static void main (String[] args) throws Exception {

      // Anadir provider JCE (provider por defecto no soporta RSA)
      Security.addProvider(new BouncyCastleProvider());  // Cargar el provider BC

      System.out.println("1. Creando claves publica y privada");

      // PASO 1: Crear e inicializar el par de claves RSA DE 512 bits
      KeyPairGenerator keyGen = KeyPairGenerator.getInstance("RSA", "BC");
          // Hace uso del provider BC
      keyGen.initialize(512);  // tamano clave 512 bits
      KeyPair clavesRSA = keyGen.generateKeyPair();
      PrivateKey clavePrivada = clavesRSA.getPrivate();
      PublicKey clavePublica = clavesRSA.getPublic();

      System.out.print("2. Introducir Texto Plano (max. 64 caracteres): ");
      byte[] bufferPlano = leerLinea(System.in);
```

Ejemplo

```
// PASO 2: Crear cifrador RSA
Cipher cifrador = Cipher.getInstance("RSA", "BC");
    // Hace uso del provider BC
/*************************************************************************
 * IMPORTANTE: En BouncyCastle el algoritmo RSA no funciona realmente en modo ECB
 *                    * No divide el mensaje de entrada en bloques
 *                  * Solo cifra los primeros 512 bits (tam. clave)
 *                  * Habria que hacer la division en bloques "a mano"
 *************************************************************************/


// PASO 3a: Poner cifrador en modo CIFRADO
cifrador.init(Cipher.ENCRYPT_MODE, clavePublica);  // Cifra con la clave publica

System.out.println("3a. Cifrar con clave publica");
byte[] bufferCifrado = cifrador.doFinal(bufferPlano);
System.out.println("TEXTO CIFRADO");
mostrarBytes(bufferCifrado);
System.out.println("\n-------------------------------------------");


// PASO 3b: Poner cifrador en modo DESCIFRADO
cifrador.init(Cipher.DECRYPT_MODE, clavePrivada); // Descrifra con la clave privad
System.out.println("3b. Descifrar con clave privada");
byte[] bufferPlano2 = cifrador.doFinal(bufferCifrado);
[...]
// PASO 3a: Poner cifrador en modo CIFRADO
cifrador.init(Cipher.ENCRYPT_MODE, clavePrivada);  // Cifra con la clave publica
[...]
// PASO 3b: Poner cifrador en modo DESCIFRADO
cifrador.init(Cipher.DECRYPT_MODE, clavePublica); // Descrifra con la clave privad
```

¿Quién es usted?

- La firma del mensaje garantiza que lo envió quien dice haberlo enviado (el dueño de la clave) pero...
- eso no garantiza que el que lo envió sea quien realmente dice ser
- Para eso existen las certificadoras

Manejo de certificados

- Un fichero como respositorio de claves y certificados *keystroke*
- Pueden tener nombres (*aliases*)
- Está protegido también con una clave
- *keytool*: herramienta para manipularlo
- Se puede usar para exportar una clave a un fichero, que pueda ser firmada por la autoridad certificadora
- También hay un *keystroke* para almacenar los certificados (*truststore*)

¿Como se manejan?

- Implícitamente, cuando se usa SSL/TLS y la firma de ficheros JAR
- También puede hacerse explícitamente (`CertPath API`)
- Los certificados tienen fecha de expiración, y también listas de revocación (*Certificate Revocation Lists*)

¿Y el código?

- Java proporciona herramientas para firmar el código también
- Se hace con `jarsigner`
- El que lo reciba, decidirá usarlo dependiendo de quien lo firme
- También se puede implantar un sistema de control de acceso basado en la firma
- Cuando se usa un 'applet' la referencia es a un fichero de clase contenido en un JAR firmado

Algunas bibliotecas

- Crytplib
  - En C, multiplataforma. En Windows otros (ActiveX)
  - Gratis sólo para usos no comerciales
  - Simétricos: Blowfish, Triple DES, IDEA, RC4, RC5
  - Hash: SHA-1, RIPEMD-160, MD5
  - MACs: HMAC para SHA-1, RIPEMD-160, MD5
  - Clave pública: RSA, El Gamal, Diffie-Hellman, DSA
  - Robusta, bien escrita y eficiente
  - Buena documentación, Fácil de usar

`http://www.cs.auckland.ac.nz/~pgut001/cryptlib/`

Ejemplos

```
/* Create an envelope for the message */
  cryptCreateEnvelope(&cryptEnvelope, CRYPT_UNUSED, CRYPT_FORMAT_SMIME );

/* Push in the message recipient's name */
  cryptSetAttributeString(cryptEnvelope, CRYPT_ENVINFO_RECIPIENT,
                          recipientName, recipientNameLength );

/* Push in the message data and pop out the signed and encrypted result
*/
  cryptPushData(cryptEnvelope, message, messageSize, &bytesIn );
  cryptPushData(cryptEnvelope, NULL, 0, NULL );
  cryptPopData(cryptEnvelope, encryptedMessage, encryptedSize, &bytesOut
);

  /* Clean up */
  cryptDestroyEnvelope( cryptEnvelope );
```

Algunas bibliotecas

- OpenSSL
  - En C, multiplataforma, también otros lenguajes
  - Software libre
  - Simétricos: Blowfish, Triple DES, IDEA, RC4, RC5
  - Hash: SHA-1, RIPEMD-160, MD5
  - MACs: HMAC para SHA-1, RIPEMD-160, MD5
  - Clave pública: RSA, Diffie-Hellman, DSA
  - Buena, no tan eficiente, código (algo) confuso
  - Poca documentación, no tan fácil

`http://www.openssl.org/`

Algunas bibliotecas

- Crypto++
  - En C++, muy completa
  - Simétricos: los anteriores y AES
  - Hash: los anteriores y SHA-256, SHA-384, SHA-512
  - MACs: HMAC, DMAC, XOR-MAC
  - Clave pública:RSA, Diffie-Hellman, DSA, ElGamal
  - Buena, no muy eficiente (más que openSSL, más en Windows), puede hacer medidas
  - Nada de documentación, fácil de usar
  - Gratuita

`http://www.cryptopp.com/`

Algunas bibliotecas

- BSAFE
  - C y Java
  - Simétricos: DES, RC2,RC4,RC5,RC6, AES
  - Hash: MD2, MD5, SHA-1
  - MACs: HMAC
  - Clave pública:RSA, Diffie-Hellman, DSA y extensiones de ECC
  - Muy buena y eficiente
  - Buena documentación, facilidad de uso media
  - Cobran un porcentaje de los beneficios obtenidos

`http://www.emc.com/security/rsa-bsafe.htm`

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Algunas bibliotecas

- Cryptix
  - Java
  - Simétricos: Varios, incluyendo AES
  - Hash: MD5, SHA-1, RIPEMD-160
  - MACs: HMAC
  - Clave pública: RSA, Diffie-Hellman, DSA, ElGamal parcialmente
  - Buena, poco eficiente
  - Documentación (JavaDOC) no muy fácil de usar
  - Gratuita

`http://www.cryptix.org/`
¡Abandonado!

Protocolos: SSL y TLS

- Repetimos: no inventar protocolos
- El protocolo más utilizado es el SSL, y su sucesor el TLS (Transport Layer Security)
- Proporcionan cifrado transparente a través de la red
- La autenticación se basa en la máquina (se autentica un servidor, no una aplicación, ni un usuario)

Protocolos: SSL y TLS

- Se usa tecnología de clave pública, utilizando las *autoridades de certificación* (CA).
- Se usan como sockets normales, en la máquina local, la infraestructura se ocupa del resto
- Los usuarios locales tienen acceso al puerto sin cifrar
- Hay que tener en cuenta algunas cosas...

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Protocolos: SSL y TLS

- No usar SSL versión 2
- Utilizar una lista de CAs
- Hay que comprobar los certificados!!!
- Hace falta números aleatorios de buena calidad
  (¡Recordar el caso de Debian!)
- Si la clave del servidor se ve comprometida, el daño es irreversible
  En TLS hay revocación. Certificado nuevo, pero el que tenga el viejo sigue pudiendo identificarse como nosotros. Expiración.

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Cómo funciona

(Muy esquemático)

- El cliente empieza la comunicación con su nombre y algunos datos más
- El servidor responde enviando información, en particular su clave pública
- El cliente verifica la identidad del servidor y que el nombre coincida.
- El cliente genera información aleatoria, que se usa como clave de sesión, la codifica con la clave pública del servidor y la envía al servidor. El servidor la descifrará y podrá utilizarla.
  - El cliente y el servidor utilizan esta clave para comunicarse, y además MAC.

Protocolos: Stunnel

- Paquete para hacer túneles SSL, basado en openSSL
- Es fácil proteger un servidor
- Se ejecuta en modo local

Protocolos: Stunnel

¿Cómo?

- Se ejecuta el Stunnel en la IP externa
  `stunnel -d 192.168.100.1:imap2 -r 127.0.0.1:imap2`
- También se puede hacer con clientes, pero es más complicado
- Problemas: los del SSL. Además: el programa no puede acceder a la información del certificado

Libreta de un solo uso

One time pad

- Los algoritmos criptográficos se consideran seguros porque nadie los ha conseguido romper, no porque realmente lo sean
- Siempre usar los más usados y 'veteranos'.
- Los algoritmos simétricos relacionan su seguridad con el tamaño de la clave
- Los algoritmos basados en clave pública son matemáticamente mas robustos

Libreta de un solo uso

- Para cada mensaje, se genera una clave aleatoria
- Se cifra mediante un XOR
- Los problemas:
  - Distribución de las claves
  - Hacen falta muchos números aleatorios (dependiendo del tamaño del mensaje ..)
  - Hay más ...

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

Libreta de un solo uso

- Sincronización
  - Condiciones de carrera: (suponer que se se mandan dos mensajes cruzados, más o menos a la vez)
  - Dos mensajes codificados con el mismo pad hacen vulnerable el método
- Integridad de los datos (¿y si se pierde un mensaje o parte?)
- Muchas complicaciones!

Algunas ideas que hay que tener en cuenta

- No almacenar datos innecesarios
- Cifrar siempre que sea necesario
  - Cualquier comunicación que potencialmente contenga información confidencial.
  - Cualquier información potencialmente confidencial almacenada en disco
    - ¡Claves!
- Cifrado insuficiente u obsoleto
- Ofuscar no es cifrar

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza