Firme Digitali con OpenSSL

Alfredo De Santis

Dipartimento di Informatica
Università di Salerno

ads@unisa.it

Maggio 2020

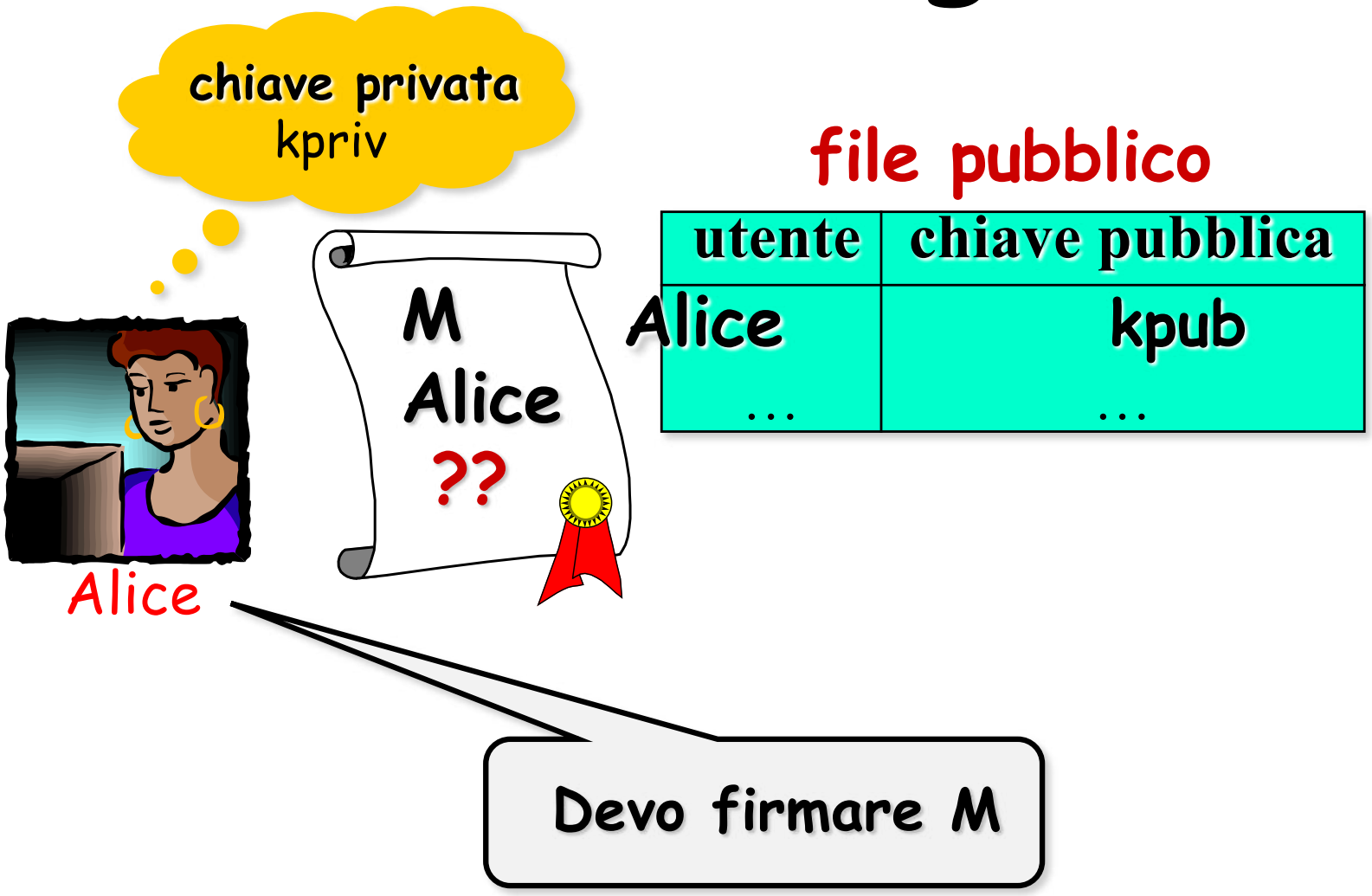
Outline

- Concetti Preliminari
- Firme Digitali in OpenSSL

Outline

- **Concetti Preliminari**
- Firme Digitali in OpenSSL

Firma Digitale



Firma Digitale

chiave privata
kpriv

Alice

M
Alice
F

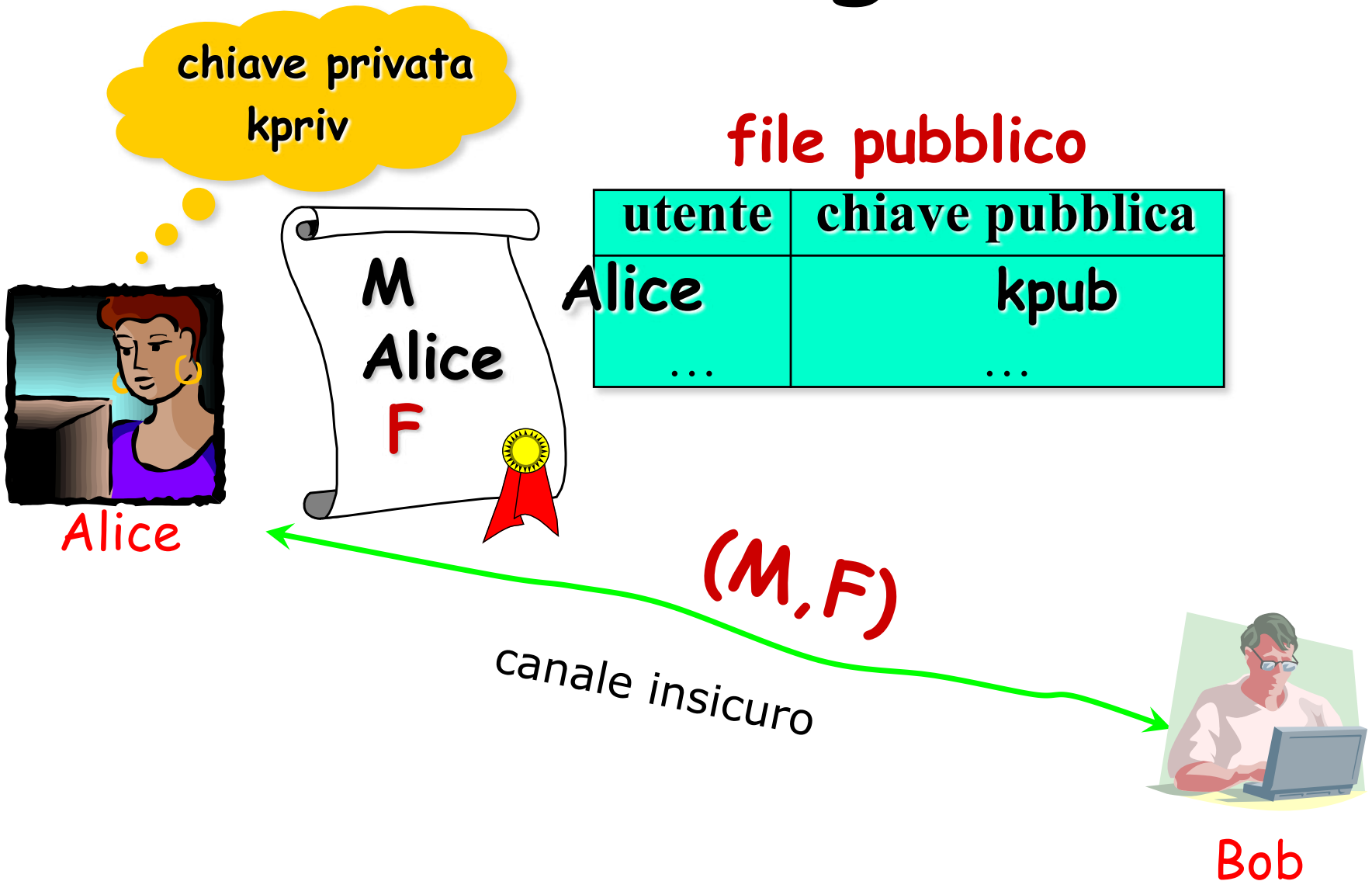
file pubblico

utente	chiave pubblica
Alice	kpub
…	…

Firma di M

F ← FIRMA (M,kpriv)

Firma Digitale



Verifica Firma Digitale

file pubblico

utente	chiave pubblica
Alice	kpub
…	…

Devo verificare se F
è una firma di Alice per M

Verifica Firma Digitale

file pubblico

utente	chiave pubblica
Alice	kpub
…	…

Verifica firma di M

vera se **VERIFICA** (**F**,M,kpub) = SI
falsa altrimenti

Outline

- Concetti Preliminari
- **Firme Digitali in OpenSSL**

Firme in OpenSSL

- Firma RSA
  - Firma `rsautl -sign`
  - Verifica `rsautl -verify`
- Firma DSA
  - Generazione parametri `dsaparam`
  - Generazione chiavi `gendsa`
  - Firma `dgst -sign`
  - Verifica `dgst -verify`
- Firma ECDSA
  - Generazione parametri `ecparam`
  - Generazione chiavi `ecparam -genkey`
  - Firma `dgst -sign`
  - Verifica `dgst -verify`

Firma RSA in OpenSSL

Il Comando `rsautl`

- Il comando **`rsautl`** consente di usare le chiavi RSA per la firma
  - Permette di specificare opzioni per firmare e verificare le firme
  - **N.B.** La firma è di solito apposta su hash di file
    - La dimensione dei dati da firmare è vincolata alla lunghezza della chiave

Firma RSA in OpenSSL

Opzioni principali del comando `rsautl`

```
openssl rsautl [options]
```

- **options**
  - **`-in file`** File di input
  - **`-out file`** File di output
  - **`-encrypt`** Cifra con la chiave pubblica
  - **`-decrypt`** Decifra con la chiave privata
  - **`-sign`** Firma con la chiave privata
  - **`-verify`** Verifica con la chiave pubblica
  - **`-inkey`** Chiave presa in input
  - **`-passin arg`** Sorgente da cui deve essere letta la password
  - **`-pubin`** Specifica che l'input è una chiave pubblica RSA
  - **`-pkcs, -raw`** Padding da usare: PKCS#1 v1.5 (default) o nessun padding

Firma RSA in OpenSSL

Opzioni principali del comando `rsautl`

```
openssl rsautl [options]
```

- **options**
  - **`-in file`** File di input
  - **`-out file`** File di output
  - **`-encrypt`** Cifra con la chiave pubblica
  - **`-decrypt`** Decifra con la chiave privata
  - **`-sign`** Firma con la chiave privata
  - **`-verify`** Verifica con la chiave pubblica
  - **`-inkey`** Chiave presa in input
  - **`-passin arg`** Sorgente da cui deve essere letta la password
  - **`-pubin`** Specifica che l'input è una chiave pubblica RSA
  - **`-pkcs, -raw`** Padding da usare: PKCS#1 v1.5 (default) o nessun padding

Firma RSA in OpenSSL

Esempio di Firma e Verifica

- Mediante il seguente comando è possibile firmare un file con RSA

```
openssl rsautl -sign -inkey rsaprivatekey.pem
-in testoInChiaro.txt -out rsasign.bin
```

- Mediante il seguente comando è possibile verificare la firma RSA di un file
  - Se la verifica ha successo, il file **`rsasign.bin`** viene correttamente decifrato, altrimenti viene restituito un messaggio d'errore

```
openssl rsautl -verify -pubin -inkey rsapublickey.pem
-in rsasign.bin -out testoInChiaro.txt
```

Firma RSA in OpenSSL

Esempio di Firma e Verifica con Hash

- Mediante RSA è anche possibile firmare l'hash di un file

```
openssl sha1 -sign rsaprivatekey.pem -out rsasign.bin
testoInChiaro.txt
```

- Mediante il seguente comando è possibile verificare la firma RSA apposta sull'hash di un file

```
openssl sha1 -verify rsapublickey.pem -signature rsasign.bin
testoInChiaro.txt
```

Firma RSA in OpenSSL

Esempio di Firma e Verifica con Hash

- Mediante RSA è anche possibile firmare l'hash di un file

```
openssl sha1 -sign rsaprivatekey.pem -out rsasign.bin
testoInChiaro.txt
```

- Mediante il seguente comando è possibile verificare la firma RSA apposta sull'hash di un file

Se la verifica va a buon fine viene mostrato 'Verified OK', altrimenti viene mostrato 'Verification Failure'

```
openssl sha1 -verify rsapublickey.pem -signature rsasign.bin
testoInChiaro.txt
```

Firma DSA in OpenSSL

Generazione dei Parametri

- È possibile generare i parametri dello schema DSA mediante il comando **dsaparam**

Opzioni principali del comando dsaparam

```
openssl dsaparam [options] [numbits]
```

- **options**
  - **-inform arg** Formato di input, dove **arg** può essere DER o PEM
  - **-outform arg** Formato di output, dove **arg** può essere DER o PEM
  - **-in arg** Dove **arg** è il file di input
  - **-out arg** Dove **arg** è il file di output
  - **-text** Stampa i parametri DSA in formato testuale
- **numbits**
  - Numero di bit da generare

Firma DSA in OpenSSL

Generazione dei Parametri

- È possibile generare i parametri dello schema DSA mediante il comando **dsaparam**

Opzioni principali del comando dsaparam

```
openssl dsaparam [options] [numbits]
```

- **options**
  - **-inform arg** F… di input, dove **arg** può essere DER o PEM
  - **-outform** … essere DER o PEM
  - **-in arg** D…
  - **-out arg** …
  - **-text** Stampa i parametri DSA in formato testuale
- **numbits**
  - Numero di bit da generare

Per ottenere la lista completa delle opzioni del comando **dsaparam** è possibile utilizzare

man dsaparam

Firma DSA in OpenSSL

Esempio di Generazione dei Parametri

- Mediante il seguente comando è possibile generare parametri DSA a 1024 bit

```
openssl dsaparam -out dsaparams.pem 1024
```

```
Generating DSA parameters, 1024 bit long prime
This could take some time
.+.................+.+...+....+......+........++++++++++++++++++++++++++++++++++++
++++++++++++++++*
.........+............+............+..+.........+.........+....+...+.......+..
..+.........+.+........+..+...+...+..............+.+...+..+.+.+...........+.+..
..........+..............+........+............++++++++++++++++++++++++++++++++
++++++++++++++++++++*
```

- I parametri generati possono essere visualizzati mediante il seguente comando

```
openssl dsaparam -in dsaparams.pem -text
```

Firma DSA in OpenSSL

Contenuto del file `dsaparams.pem`

```
DSA-Parameters: (1024 bit)
    p:
        00:a0:d5:c6:c6:85:21:8a:fc:a5:90:b8:19:24:4b:
        07:11:b6:6c:41:1f:3d:15:71:52:9c:d1:6e:9e:06:
        27:1c:e5:fa:d5:90:ba:55:43:de:57:a6:71:58:1f:
        08:20:61:9b:31:9e:c9:e8:c9:ba:d5:f6:02:ec:17:
        ad:00:fb:55:c3:62:b6:c9:81:8a:68:74:ab:1b:17:
        fa:83:37:61:b7:4d:6c:f3:f2:70:20:95:ec:f6:c1:
        c9:b0:f0:f4:28:33:62:b4:56:64:9e:66:e0:72:77:
        6f:e7:f1:ad:db:b4:8e:94:57:fa:4f:81:6e:69:b1:
        d6:7c:ea:e6:84:53:9b:ea:dd
    q:
        00:b7:f3:a3:4a:6b:59:b0:06:71:29:f8:d2:30:0f:
        cb:c9:63:75:2f:5b
    g:
        32:5b:6c:78:33:10:fa:0d:44:2b:4b:b9:56:08:cb:
        fc:84:1b:11:47:10:63:a8:33:3e:0c:09:12:c8:66:
        0b:71:9c:f9:65:8c:4c:36:f3:2d:94:7a:f2:c0:eb:
        63:2d:44:cb:08:3e:91:ee:e8:51:12:7b:5a:98:37:
        cf:a5:46:0f:b0:63:a6:c8:fe:4c:db:34:d5:61:f3:
        31:ee:22:df:72:c1:dc:6b:21:9c:14:e0:9d:cb:1d:
        3c:ff:77:6b:d4:fd:54:a1:df:fb:a8:41:23:ae:f2:
        5c:c2:b0:43:32:0d:c7:f2:7d:69:3f:6f:e7:72:b8:
        f0:1b:88:86:04:9d:53:c4
-----BEGIN DSA PARAMETERS-----
MIIBHgKBgQCg1cbGhSGK/KWQuBkkSwcRtmxBHz0VcVKc0W6eBicc5frVkLpVQ95X
pnFYHwggYZsxnsnoybrV9gLsF60A+1XDYrbJgYpodKsbF/qDN2G3TWzz8nAglez2
wcmw8PQoM2K0VmSeZuByd2/n8a3btI6UV/pPgW5psdZ86uaEU5vq3QIVALfzo0pr
WbAGcSn40jAPy8ljdS9bAoGAMltseDMQ+g1EK0u5VgjL/IQbEUcQY6gzPgwJEshm
C3Gc+WWMTDbzLZR68sDrYy1Eywg+ke7oURJ7Wpg3z6VGD7Bjpsj+TNs01WHzMe4i
33LB3GshnBTgncsdPP93a9T9VKHf+6hBI67yXMKwQzINx/J9aT9v53K48BuIhgSd
U8Q=
-----END DSA PARAMETERS-----
```

p

q

g

Codifica PEM dei parametri DSA

I parametri DSA in OpenSSL sono rappresentati secondo lo standard PKCS #8 (RFC5208)

- https://tools.ietf.org/html/rfc5208

Firma DSA in OpenSSL

Esempio di Generazione Chiavi

- Mediante il seguente comando è possibile generare una coppia di chiavi DSA utilizzando i parametri contenuti nel file **dsaparams.pem**

```
openssl gendsa -out dsaprivatekey.pem -des3 dsaparams.pem
```

- Mediante il seguente comando è possibile estrarre la chiave pubblica dal file **dsaprivatekey.pem**

```
openssl dsa -in dsaprivatekey.pem -pubout -out dsapublickey.pem
```

Firma DSA in OpenSSL

Esempio di Generazione Chiavi

- Mediante il seguente comando è … coppia di chiavi DSA utilizzando i parametri … **ms.pem**

Per ottenere la lista completa delle opzioni è possibile utilizzare il comando **man gendsa**

```
openssl gendsa -out dsaprivatekey.pem -des3 dsaparams.pem
```

- Mediante il seguent… …la chiave pubblica dal file **dsapr…atekey.pem**

Per ottenere la lista completa delle opzioni è possibile utilizzare il comando **man gendsa**

```
openssl dsa -in dsaprivatekey.pem -pubout -out dsapublickey.pem
```

```
Private-Key: (1024 bit)
priv:
    1a:97:a0:8b:5d:1c:d8:72:6f:aa:a7:6c:6c:c4:85:
    6d:f2:1f:b9:88
pub:
    00:8f:8f:f0:a0:7c:7a:bd:e9:27:d0:e7:bb:92:85:
    71:af:5b:d2:dc:50:74:1f:d6:41:cb:41:3a:a3:42:
    ab:fc:26:f7:ef:e5:38:18:37:5f:17:0e:26:6b:d8:
    62:07:ba:a6:2b:23:00:d9:b0:1a:56:22:3f:e1:f6:
    88:da:70:d1:1b:34:09:7a:04:c6:35:a1:a4:c6:77:
    19:94:6a:29:d1:fc:40:1a:df:4e:4b:dc:a8:b1:4d:
    40:a7:f0:51:c0:95:ac:a2:fb:f5:82:74:16:c2:7c:
    26:26:b0:3c:e7:09:ed:9a:d6:5e:77:ce:b0:bf:c4:
    e4:23:4c:3a:bd:9a:ba:7c:72
P:
    00:a0:d5:c6:c6:85:21:8a:fc:a5:90:b8:19:24:4b:
    07:11:b6:6c:41:1f:3d:15:71:52:9c:d1:6e:9e:06:
    27:1c:e5:fa:d5:90:ba:55:43:de:57:a6:71:58:1f:
    08:20:61:9b:31:9e:c9:e8:c9:ba:d5:f6:02:ec:17:
    ad:00:fb:55:c3:62:b6:c9:81:8a:68:74:ab:1b:17:
    fa:83:37:61:b7:4d:6c:f3:f2:70:20:95:ec:f6:c1:
    c9:b0:f0:f4:28:33:62:b4:56:64:9e:66:e0:72:77:
    6f:e7:f1:ad:db:b4:8e:94:57:fa:4f:81:6e:69:b1:
    d6:7c:ea:e6:84:53:9b:ea:dd
Q:
    00:b7:f3:a3:4a:6b:59:b0:06:71:29:f8:d2:30:0f:
    cb:c9:63:75:2f:5b
G:
    32:5b:6c:78:33:10:fa:0d:44:2b:4b:b9:56:08:cb:
    fc:84:1b:11:47:10:63:a8:33:3e:0c:09:12:c8:66:
    0b:71:9c:f9:65:8c:4c:36:f3:2d:94:7a:f2:c0:eb:
    63:2d:44:cb:08:3e:91:ee:e8:51:12:7b:5a:98:37:
    cf:a5:46:0f:b0:63:a6:c8:fe:4c:db:34:d5:61:f3:
    31:ee:22:df:72:c1:dc:6b:21:9c:14:e0:9d:cb:1d:
    3c:ff:77:6b:d4:fd:54:a1:df:fb:a8:41:23:ae:f2:
    5c:c2:b0:43:32:0d:c7:f2:7d:69:3f:6f:e7:72:b8:
    f0:1b:88:86:04:9d:53:c4
writing DSA key
-----BEGIN DSA PRIVATE KEY-----
MIIBuwIBAAKBgQCg1cbGhSGK/KWQuBkkSwcRtmxBHz0VcVKc0W6eBicc5frVkLpV
Q95XpnFYHwggYZsxnsnoybrV9gLsF60A+1XDYrbJgYpodKsbF/qDN2G3TWzz8nAg
lez2wcmw8PQoM2K0VmSeZuByd2/n8a3btI6UV/pPgW5psdZ86uaEU5vq3QIVALfz
o0prWbAGcSn40jAPy8ljdS9bAoGAMltseDMQ+g1EK0u5VgjL/IQbEUcQY6gzPgwJ
EshmC3Gc+WWMTDbzLZR68sDrYy1Eywg+ke7oURJ7Wpg3z6VGD7Bjpsj+TNs01WHz
Me4i33LB3GshnBTgncsdPP93a9T9VKHf+6hBI67yXMKwQzINx/J9aT9v53K48BuI
hgSdU8QCgYEAj4/woHx6vekn0Oe7koVxr1vS3FB0H9ZBy0E6o0Kr/Cb37+U4GDdf
Fw4ma9hiB7qmKyMA2bAaViI/4faI2nDRGzQJegTGNaGkxncZlGop0fxAGt9OS9yo
sU1Ap/BRwJWsovv1gnQWwnwmJrA85wntmtZed86wv8TkI0w6vZq6fHICFBqXoItd
HNhyb6qnbGzEhW3yH7mI
-----END DSA PRIVATE KEY-----
```

Le chiavi DSA in OpenSSL sono rappresentate secondo lo standard PKCS #8 (RFC5208)

- **https://tools.ietf.org/html/rfc5208**

Per visualizzare il contenuto del file **`dsaprivatekey.pem`** è possibile utilizzare il seguente comando

```
openssl dsa -in dsaprivatekey.pem -text
```

Firma DSA in OpenSSL

Esempio di Firma e Verifica

- Mediante il seguente comando è possibile firmare l'hash SHA1 di **file.txt**

```
openssl dgst -sha1 -sign dsaprivatekey.pem -out
dsasign.bin file.txt
```

- Mediante il seguente comando è possibile verificare la firma del file **file.txt**, contenuta in **dsasign.bin**

```
openssl dgst -sha1 -verify dsapublickey.pem
-signature dsasign.bin file.txt
```

Firma DSA in OpenSSL

Esempio di Firma e Verifica

- Mediante il seguente comando è possibile firmare l'hash SHA1 di **file.txt**

```
openssl dgst -sha1 -sign dsaprivatekey.pem -out
dsasign.bin file.txt
```

- Mediante il seguente comando è possibile verificare la firma del file **file.txt**, contenuta in **dsasign.bin**

```
openssl dgst -sha1 -verify dsapublickey.pem
-signature dsasign.bin file.txt
```

Se la verifica va a buon fine viene mostrato **'Verified OK'**, altrimenti viene mostrato **'Verification Failure'**

Firma ECDSA in OpenSSL

Generazione Chiavi

- OpenSSL fornisce la variante di DSA basata su curve ellittiche (ECDSA)
- È possibile generare una coppia di chiavi ECDSA mediante il comando **`ecparam`**

Firma ECDSA in OpenSSL

Generazione Chiavi

Opzioni principali del comando `ecparam`

```
openssl ecparam [options]
```

- **options**
  - **`-inform arg`** Formato di input, dove **`arg`** può essere DER o PEM
  - **`-outform arg`** Formato di output, dove **`arg`** può essere DER o PEM
  - **`-in arg`** Dove **`arg`** è il file di input
  - **`-out arg`** Dove **`arg`** è il file di output
  - **`-name arg`** Tipo di curva ellittica da usare per la generazione dei parametri ECDA
  - **`-list_curves`** Se è specificata questa opzione, verrà stampata la lista di curve ellittiche supportate, ed il comando **`ecparam`** terminerà
  - **`-genkey`** Questa opzione permette di generare una coppia di chiavi ECDSA, in base al tipo di curva ellittica specificata

Firma ECDSA in OpenSSL

Generazione Chiavi

Opzioni principali del comando `ecparam`

```
openssl ecparam [options]
```

- **options**
  - **-inform arg** Formato [illegible] dove **arg** può essere DER o PEM
  - **-outform arg** For[illegible]ER o PEM
  - **-in arg** Dove **arg**
  - **-out arg** Dove **arg** è il file di output
  - **-name arg** Tipo di curva ellittica da usare per la generazione dei parametri ECDA
  - **-list_curves** Se è specificata questa opzione, verrà stampata la lista di curve ellittiche supportate, ed il comando **ecparam** terminerà
  - **-genkey** Questa opzione permette di generare una coppia di chiavi ECDSA, in base al tipo di curva ellittica specificata

Per ottenere la lista completa delle opzioni è possibile utilizzare il comando **man ecparam**

Firma ECDSA in OpenSSL

Esempio di Generazione Chiavi

- Mediante il seguente comando è possibile generare una coppia di chiavi ECDSA, utilizzando i parametri generati in base alla curva ellittica **brainpoolP160r1**

```
openssl ecparam -genkey -name brainpoolP160r1 -out
ecdsa_private.pem
```

- Mediante il seguente comando è possibile estrarre la chiave pubblica dal file **ecdsa_private.pem**

```
openssl ec -in ecdsa_private.pem -pubout -out ecdsa_public.pem
```

Firma ECDSA in OpenSSL

Esempio di Generazione Chiavi

Tipo di curva ellittica utilizzata
brainpoolP160r1: RFC 5639 curve over a 160 bit prime field

coppia di chiavi
ECDSA, utilizzando i parametri ge… …se alla curva ellittica
brainpoolP160r1

```
openssl ecparam -genkey -name brainpoolP160r1 -out
ecdsa_private.pem
```

- Mediante il seguente comando è possibile estrarre la chiave pubblica dal file **ecdsa_private.pem**

```
openssl ec -in ecdsa_private.pem -pubout -out ecdsa_public.pem
```

Firma ECDSA in OpenSSL

Esempio di Generazione Chiavi

- Mediante il seguente comando è possibile generare una coppia di chiavi ECDSA, utilizzando i parametri generati in base alla curva ellittica **brainpoolP160r1**

```
openssl ecparam -genkey -name brainpoolP160r1 -out ecdsa_private.pem
```

Per ottenere la lista completa delle opzioni è possibile utilizzare il comando **man ec**

- Mediante il seguente comando è possibile estrarre la chiave pubblica dal file **ecdsa_private.pem**

```
openssl ec -in ecdsa_private.pem -pubout -out ecdsa_public.pem
```

Firma ECDSA in OpenSSL

Esempio di Generazione Chiavi

- È possibile visualizzare il contenuto del file **ecdsa_private.pem** mediante il seguente comando

```
openssl ec -in ecdsa_private.pem -text
```

```
read EC key
Private-Key: (160 bit)
priv:
00:95:c8:38:88:9f:f6:1d:12:ec:64:a7:84:2c:0a:
b5:d7:02:3f:de:76
pub:
04:d4:f6:96:78:a2:9c:5e:f8:48:0e:6c:e6:f9:a7:
2e:ac:2a:d8:0c:4f:26:d1:78:95:e7:75:72:ba:80:
11:95:2b:7f:fa:71:4d:f6:89:fc:d9
ASN1 OID: brainpoolP160r1
```

Le chiavi ECDSA in OpenSSL sono rappresentate secondo l'RFC 3279

- https://www.ietf.org/rfc/rfc3279.txt

Firma ECDSA in OpenSSL

Esempio di Firma e Verifica

- Mediante il seguente comando è possibile firmare l'hash SHA256 di **File.txt**

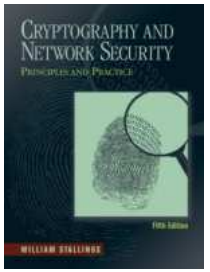
```
openssl dgst -sha256 -sign ecdsa_private.pem
File.txt > ecdsa_sign.bin
```

- Mediante il seguente comando è possibile verificare la firma del file **File.txt**, contenuta in **ecdsa_sign.bin**
  - È utilizzata la chiave pubblica contenuta in **ecdsa_public.pem**

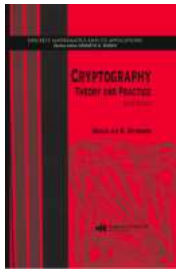
```
openssl dgst -sha256 -verify ecdsa_public.pem
-signature ecdsa_sign.bin File.txt
```

Bibliografia

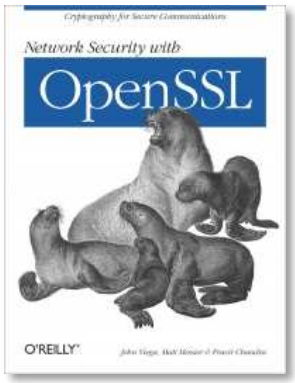
- Cryptography and Network Security
  by W. Stallings, 2010
  - Cap. 13 (DSS)



- Cryptography: Theory and Practice,
  by D. Stinson (2005)



- Network Security with OpenSSL
  Pravir Chandra, Matt Messier and John Viega (2002), O'Reilly
  - Cap. 2.4.2, 2.4.3



Bibliografia

- Presentazione Lezione Corso di Sicurezza, Prof. De Santis
  - Firme Digitali
- Documentazione su OpenSSL
  - https://www.openssl.org/docs/

OpenSSL
Cryptography and SSL/TLS Toolkit