یا ذالامن والامان

امنیت پست الکترونیکی

Network Security Essentials

ویرایش شده توسط: حمید رضا شهریاری

http://www.aut.ac.ir/shahriari

فهرست مطالب

- امنیت پست الکترونیکی
- ویژگیهای PGP
- سرویس های PGP
- انواع کلیدهای مورد استفاده
- مدیریت کلید

نیاز به امنیت

- استفاده گسترده از سرویس پست الکترونیکی برای تبادل پیامها
- نیاز به استفاده از این سرویس برای کاربردهای دیگر
  - به شرط تضمین محرمانگی و احراز هویت
- دو روش برای احرازهویت و ایجاد محرمانگی
  - PGP (Pretty Good Privacy)
  - S/MIME (Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions)

قراردادهای پست الکترونیکی

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)

- قرارداد SMTP اصلی‌ترین و عمومی‌ترین قرارداد پست الکترونیکی است.
- یک پیام را همراه با مطالب داخلی و سرآیه آن به صورت کدهای ASCII ارسال می‌کند.
- SMTP هیچ امنیتی برای داده‌های ارسال شده فراهم نمی‌کند.
- داده‌ها در طول مسیر می‌توانند خوانده شده یا تغییر داده شوند.
- آدرس فرستنده براحتی قابل تغییر است.

MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions)

- MIME یک قرارداد پست الکترونیکی است که برای رفع محدودیت‌های SMTP و پیام‌های متنی پیاده‌سازی شد.
- MIME هیچ‌گونه امنیتی فراهم نمی‌کند.

معرفی PGP

- ارائه شده توسط آقای Philip R. Zimmermann در سال ۱۹۹۱
- باعث ایجاد پرونده قضایی علیه وی تا سه سال شد!

ویژگیهای PGP

- استفاده گسترده از آن به عنوان سرویس پست الکترونیکی امن
- استفاده از بهترین الگوریتم‌های رمزنگاری موجود و ترکیب آنها در یک برنامه کاربردی چند منظوره
- قابلیت اجرای مستقل از ماشین و پردازنده(Unix، PC،Macintosh...)
- عدم انحصار توسط دولت یا شرکت خاص
- دسترسی به متن باز و بسته نرم افزاری آن مجانی است.
- در حال استاندارد شدن
  - (RFC 3156; MIME Security with OpenPGP)

PGP basic Services

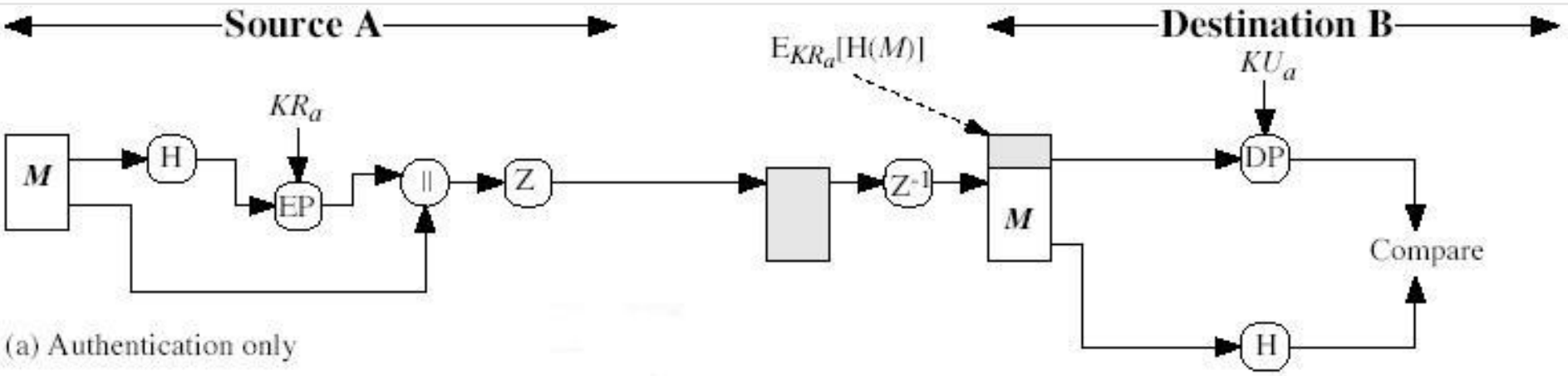
Function	Algorithms Used	Description
Digital signature	DSS/SHA or RSA/SHA	A hash code of a message is created using SHA-1. This message digest is encrypted using DSS or RSA with the sender's private key and included with the message.
Message encryption	CAST or IDEA or Three-key Triple DES with Diffie-Hellman or RSA	A message is encrypted using CAST-128 or IDEA or 3DES with a one-time session key generated by the sender. The session key is encrypted using Diffie-Hellman or RSA with the recipient's public key and included with the message.
Compression	ZIP	A message may be compressed for storage or transmission using ZIP.
E-mail compatibility	Radix-64 conversion	To provide transparency for e-mail applications, an encrypted message may be converted to an ASCII string using radix-64 conversion.

سرویسهای PGP

احراز اصالت

- تولید چکیده از پیام اولیه با استفاده از SHA
- استفاده از RSA و کلید خصوصی فرستنده برای رمز کردن چکیده
- الحاق چکیده رمز شده به انتهای پیام
- استفاده از RSA با کلید عمومی فرستنده برای بازیابی چکیده در سمت گیرنده
- تولید چکیده پیام جدید توسط گیرنده و مقایسه آن با چکیده بازیابی شده

PGP- Authentication Only



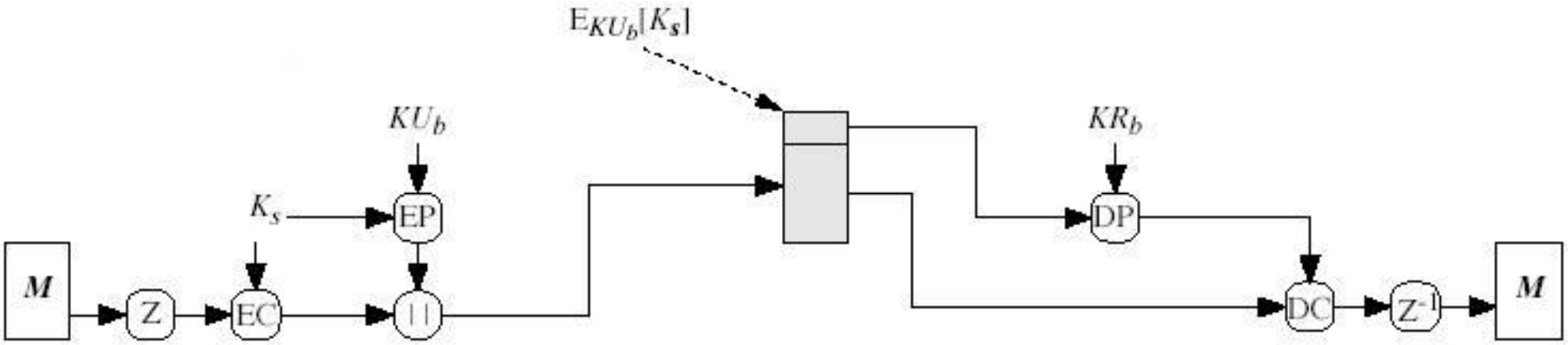
(a) Authentication only

سرویسهای PGP

محرمانگی

- استفاده از عدد تصادفی ۱۲۸ بیتی به عنوان کلید جلسه ویژه پیام جاری
- رمزکردن پیام با استفاده از CAST-128 یا IDEA یا 3DES و کلید جلسه تولید شده
- رمزکردن کلید جلسه با استفاده از الگوریتم RSA و کلید عمومی گیرنده
- الحاق کلید رمزشده به پیام و ارسال آن
- استفاده از RSA با کلید خصوصی گیرنده برای رمزگشایی و بازیابی کلید جلسه
- رمزگشایی پیام دریافت شده با استفاده از کلید جلسه

PGP- Confidentiality Only

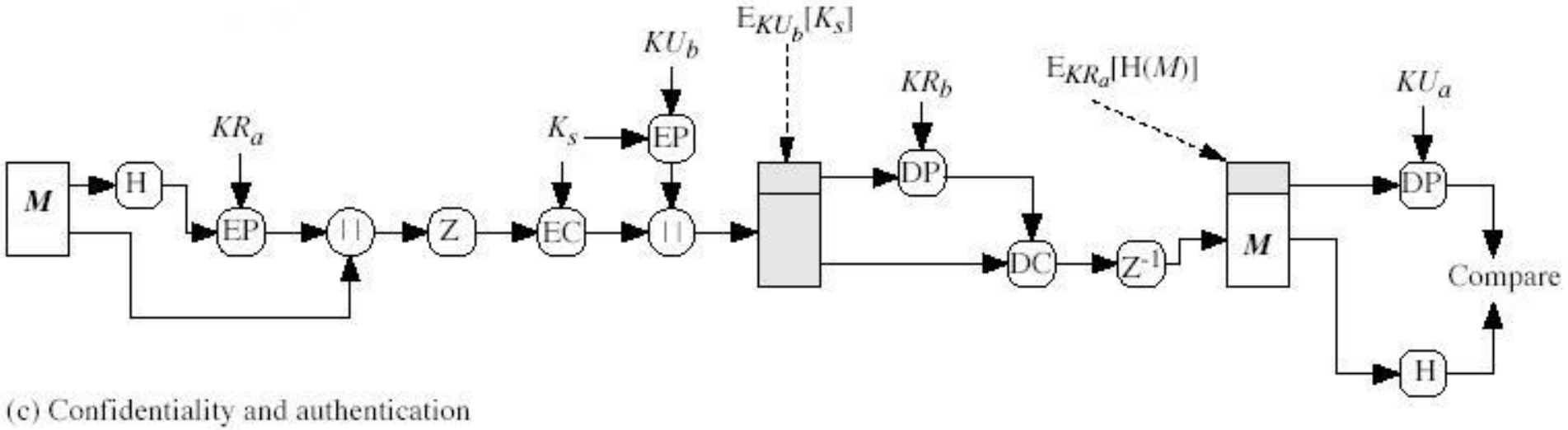


(b) Confidentiality only

سرویسهای PGP

- **محرمانگی + احرازهویت**
  - تولید امضاء و الحاق آن به متن
  - رمز کردن مجموعه امضا و متن با استفاده از CAST-128
  - الحاق کلید جلسه رمزشده با الگوریتم RSA به مجموعه فوق
- **چرا اول امضای رقمی انجام می‌شود و سپس رمزگذاری؟**
  - با این روش شخص سوم برای تایید امضاء هیچ نوع نگرانی در رابطه با کلید جلسه نخواهد داشت.

Confidentiality& Authentication



(c) Confidentiality and authentication

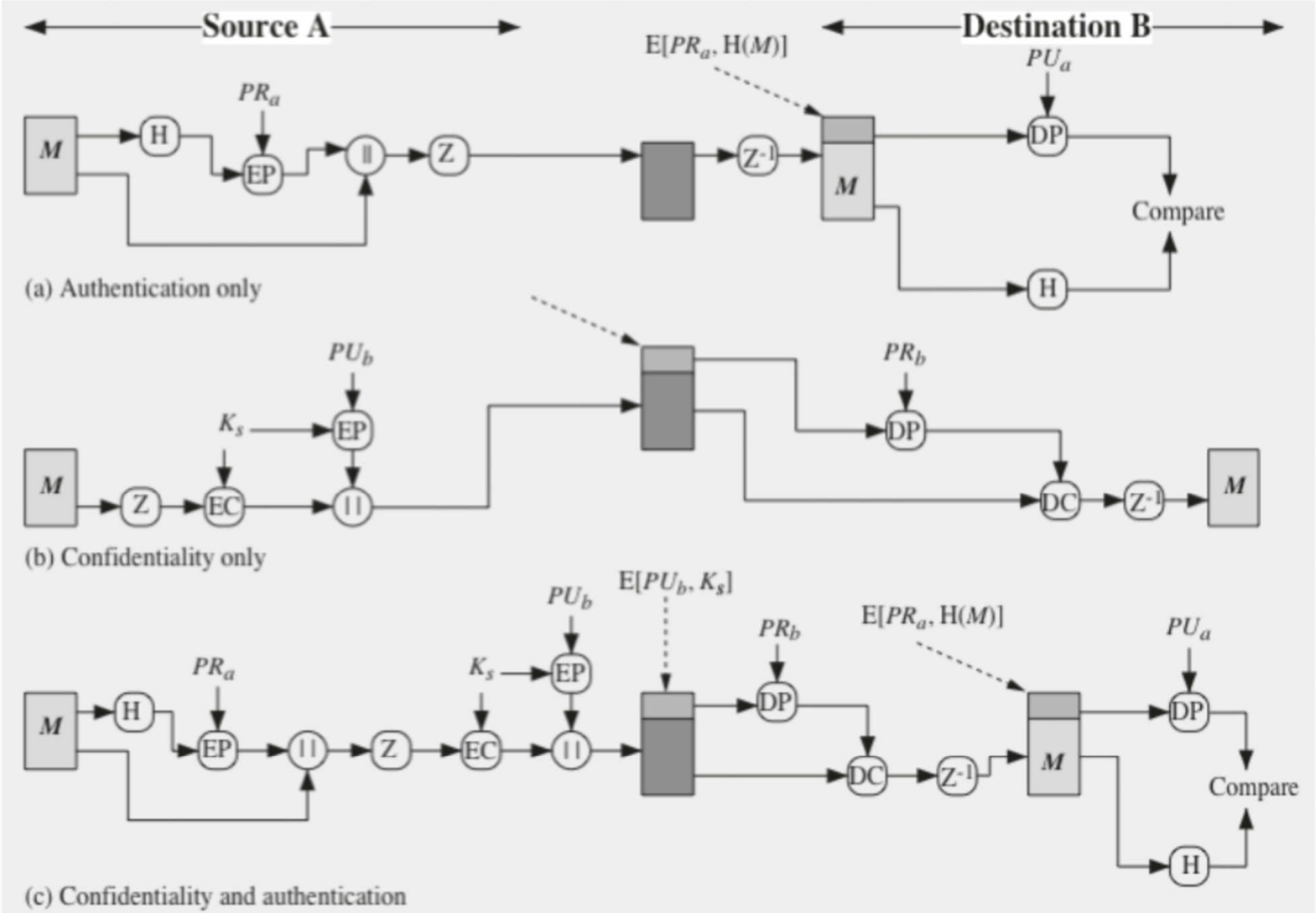


Figure 8.1 PGP Cryptographic Functions

سرویسهای PGP

فشرده سازی

- به صورت پیش فرض فشرده سازی پس از امضاء و قبل از رمزگذاری انجام می‌شود.
- چرا پس از امضاء؟
  - باید بتوان پیام و امضاء را برای تایید بعدی و بدون نیاز به فشرده‌سازی و یا بازگشایی مجدد ذخیره نمود.
  - در صورتی که از روش‌های فشرده سازی متفاوت استفاده می‌کنند، در تایید امضا تداخلی ایجاد نشود.

- چرا قبل از رمزگذاری؟
  - کاهش حجم و افزونگی متنی که باید رمز شود
  - کاهش اطلاعات آماری پیام

سرویسهای PGP

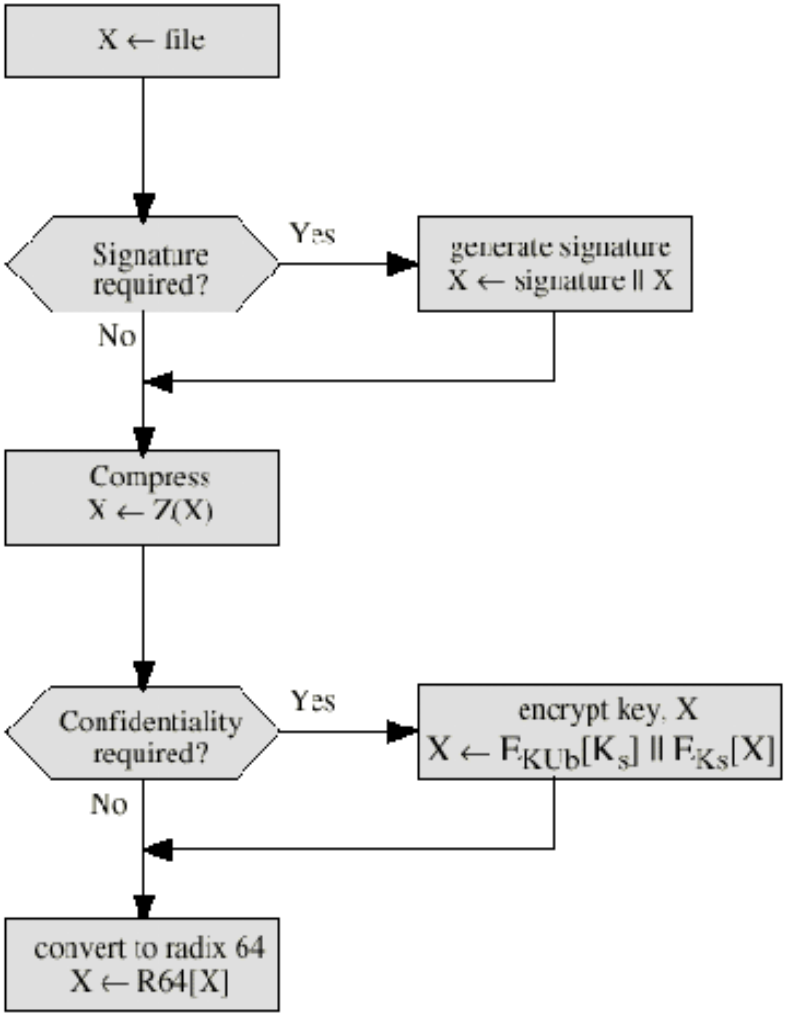
حفظ سازگاری

- مشکل:
  - فرستادن داده های باینری از طریق سرویس های پست الکترونیکی که تنها برای ارسال متن ASCII طراحی شده اند.
- راه حل:
  - تبدیل داده های خام باینری به متن ASCII :
    - استفاده از الگوریتم Radix-64
      - تبدیل ۳ بایت به ٤ کاراکتر قابل چاپ ASCII
      - اضافه کردن CRC به انتهای آن
  - توسعه متن به اندازه ۳۳٪ به دلیل استفاده از Radix-64 و فشرده سازی به اندازه ۵۰٪- -- > 1.33 x 0.5=0.665
  - نتیجه : فشرده سازی به اندازه 1/3

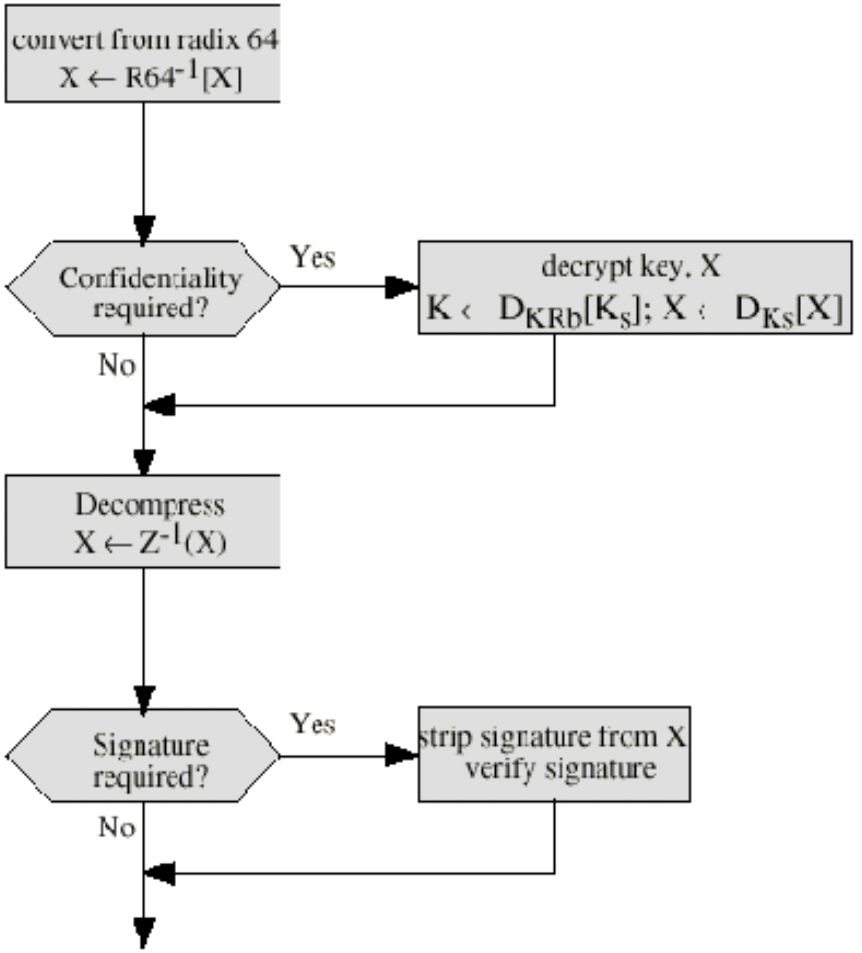
سرویسهای PGP

قطعه بندی

- محدودیت سرویس دهنده های ایمیل در اندازه پیام ارسالی
- انجام قطعه بندی توسط PGP به صورت خودکار و پس از انجام کلیه محاسبات و تبدیلات
- ارسال کلید جلسه و تایید امضای رقمی فقط در ابتدای قطعه اول
- بازیابی پیام اصلی از روی قطعه ها در سمت گیرنده(قبل از انجام هر پردازشی)



(a) Generic Transmission Diagram (from A)



(b) Generic Reception Diagram (to B)

Figure 5.2 Transmission and Reception of PGP Messages

کلیدهای مورد استفاده

PGP از چهار نوع کلید بهره می‌برد:

- کلید متقارن یکبار مصرف(کلید جلسه)
- کلید عمومی
- کلید خصوصی
- کلید متقارن حاصل از گذرواژه (برای رمز کردن کلیدهای خصوصی)

کلیدهای مورد استفاده

کلید جلسه

- به صورت تصادفی و یکبار مصرف ایجاد می‌گردد
- الگوریتم تولید عدد تصادفی خود CAST-128 می‌باشد طبق استاندارد ANSI X12.17
- الگوریتم از روی کلیدهای فشرده شده روی صفحه کلید مقدار اولیه می‌گیرد.
- سپس کلیدهای جلسه را به صورت CFB تولید می‌کند

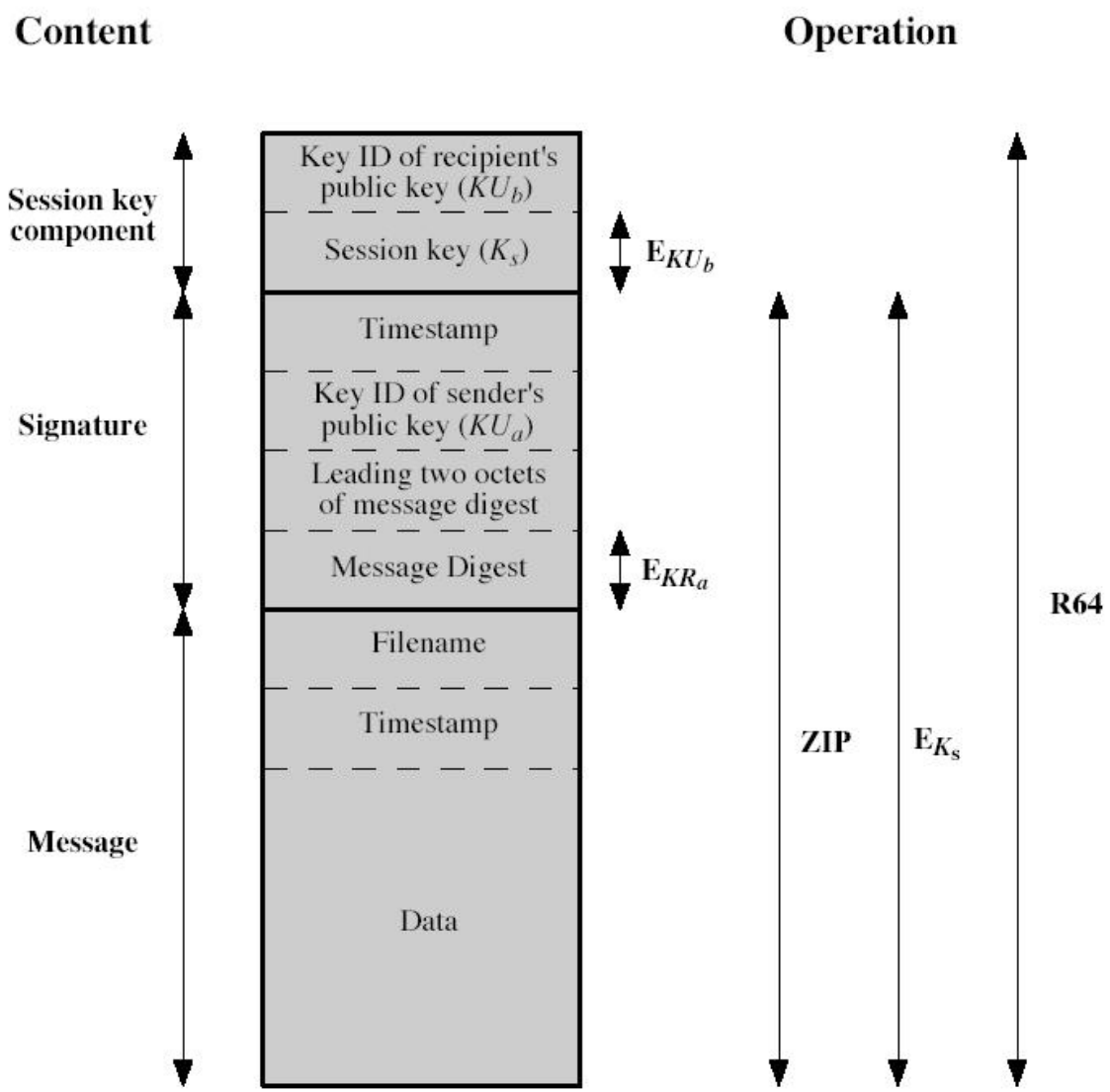
کلیدهای مورد استفاده

مسأله : امکان داشتن چند زوج کلید نامتقارن برای ارتباط با گروههای مختلف.

راه حل : مشخص نمودن کلید استفاده شده بوسیله یک شناسه(Key Identifier)

- استفاده از مقدار ($KU_a \mod 2^{64}$) به عنوان شناسه
- احتمال برخورد بسیار پایین است.

Format of PGP Message



کلیدهای مورد استفاده

دسته کلید خصوصی(Private Key Ring)

برای مدیریت کلیدهای نا متقارن استفاده می‌شود. شامل موارد زیر است:

۱ – زمان تولید کلید ۲– شناسه کلید

۳ – کلید عمومی ٤–کلید خصوصی(به صورت رمزشده)

۵–شناسه مالک کلید

- کلید خصوصی توسط کلید متقارنی که به صورت چکیده ای از گذرواژه کاربر می‌باشد، رمز می‌شود
- جدول کلیدهای خصوصی روی ماشین صاحبش ذخیره می‌شود.

جدول کلید خصوصی

Timestamp	Key ID*	Public Key	Encrypted Private Key	User ID*
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
T_i	$KU_i \bmod 2^{64}$	KU_i	$E_{H(P_i)}[KR_i]$	User i
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•

کلیدهای مورد استفاده

دسته کلید عمومی (Public Key Ring)

شامل موارد زیر است:

۱ – زمان تولید کلید ۲– شناسه کلید

۳ – کلید عمومی ٤– شناسه کاربر

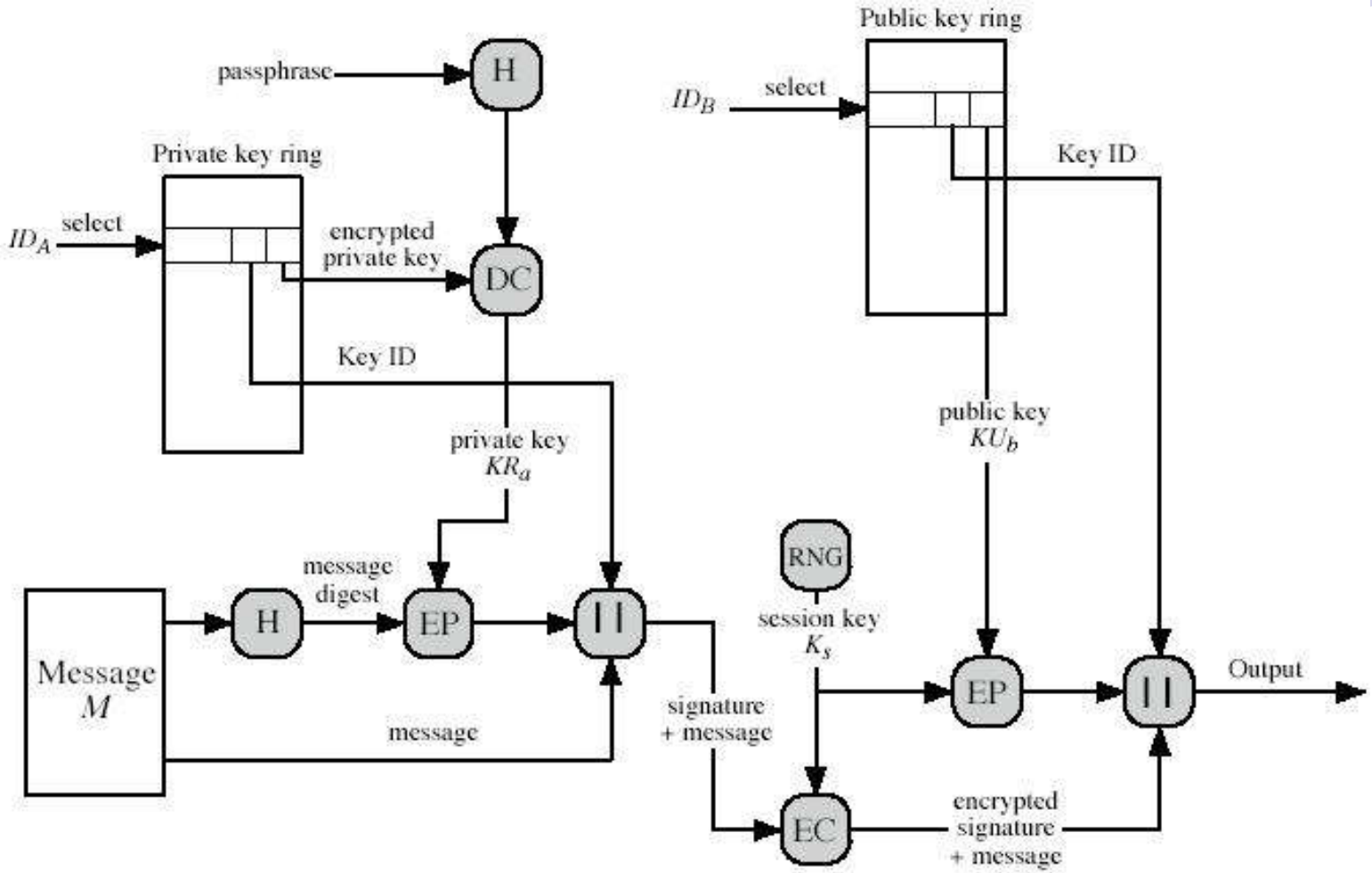
۵– و چند فیلد دیگر جهت امنیت بیشتر

این جدول شامل همه کلیدهای عمومی کاربران دیگر که برای این کاربر مشخص است، می‌باشد.

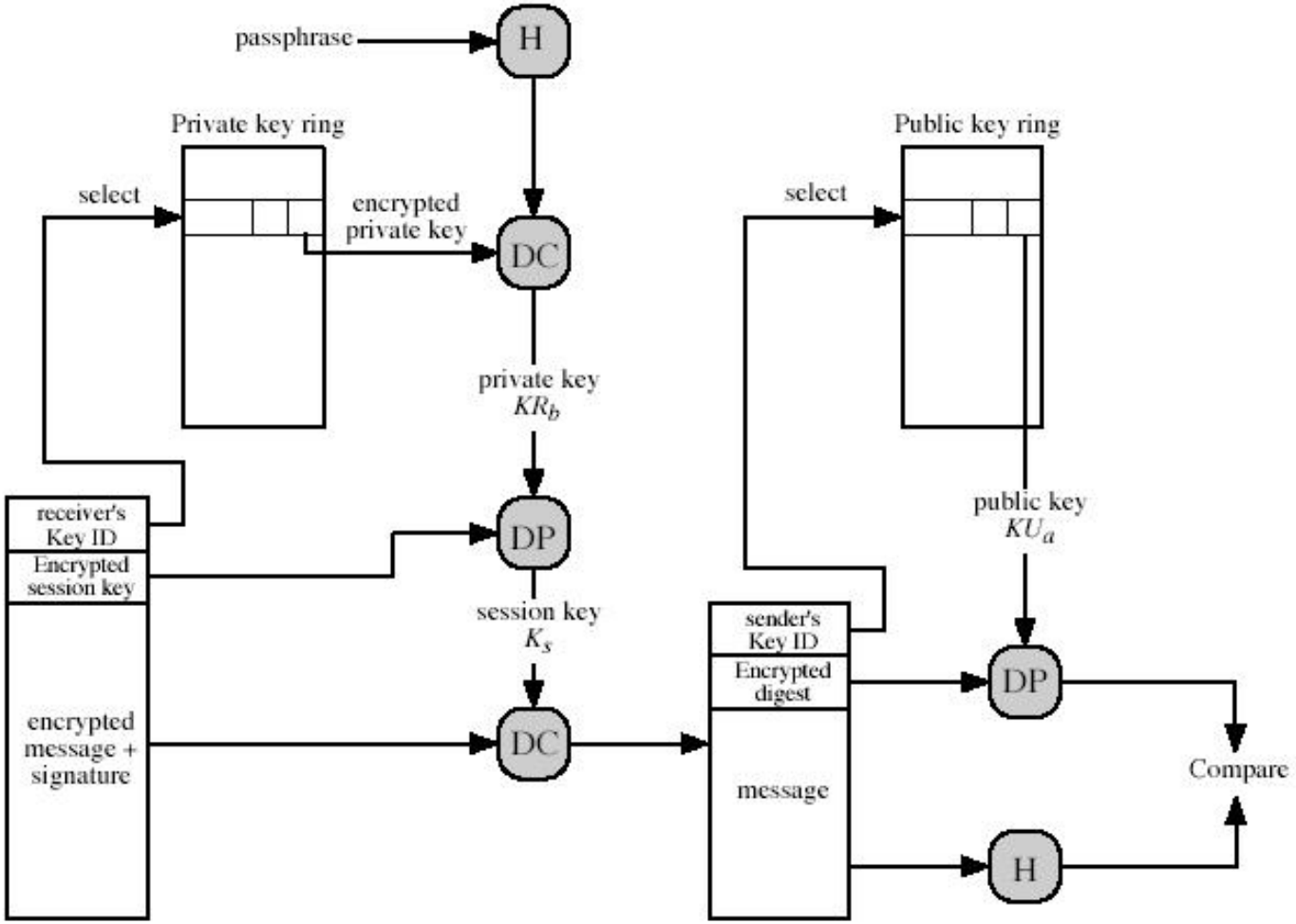
Public Key Ring

Timestamp	Key ID*	Public Key	Owner Trust	User ID*	Key Legitimacy	Signature(s)	Signature Trust(s)
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
T_i	$KU_i \bmod 2^{64}$	Ku_i	trust_flag_i	User i	trust_flag_i		
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•

PGP Message Generation



PGP Reception



مدیریت کلید

مشکل: در جدول کلیدهای عمومی A ، یک کلید به نظر می‌رسد متعلق به کاربر B است، ولی در واقع متعلق به C است. در نتیجه C می‌تواند :

- بجای B به A پیام بفرستد
- پیامهای ارسال شده از A به سمت B را بخواند

مدیریت کلید عمومی در PGP

- ارسال کلید عمومی با خاصیت احراز اصالت
  - انتقال به صورت فیزیکی
    - در شبکه این کار غیر عملی است.
  - انتقال به صورت الکترونیکی و تایید توسط تلفن یا...
    - چکیده‌ای از کلید دریافتی از طریق تلفن با مالک بررسی شود.
  - انتقال توسط فرد مطمئنی که کلید عمومی وی در اختیار است.
    - کلید عمومی کاربر B توسط کاربر شناخته شده D امضاء و به کاربر A ارسال می‌شود.
  - انتقال به صورت گواهی تایید شده توسط مرجع قابل اعتماد.

مدیریت کلید

- PGP برای مدیریت کلیدهای عمومی بجای CA از مدلی بنام اعتماد(Trust) استفاده می‌کند.
- فیلدهای Trust

۱. فیلد Key Legitimacy: بیانگر میزان اعتماد PGP به اعتبار کلید عمومی.
۲. فیلد Signature trust : هر مدخل که یک کلید عمومی کاربری را مشخص می‌کند دارای چند امضا است. هر یک از این امضاها دارای یک درجه اعتماد هستند.
   - فیلد Key legitimacy از روی همین فیلدهای Sig. Trust محاسبه می‌شود.
۳. فیلد Owner trust : بیانگر میزان اعتماد به صاحب کلید برای تایید اعتبار کلیدهای عمومی دیگر(گواهی).

– هر سه فیلد فوق در داخل یک بایت تحت عنوان trust flag نگهداری می‌شوند.

مدیریت کلید

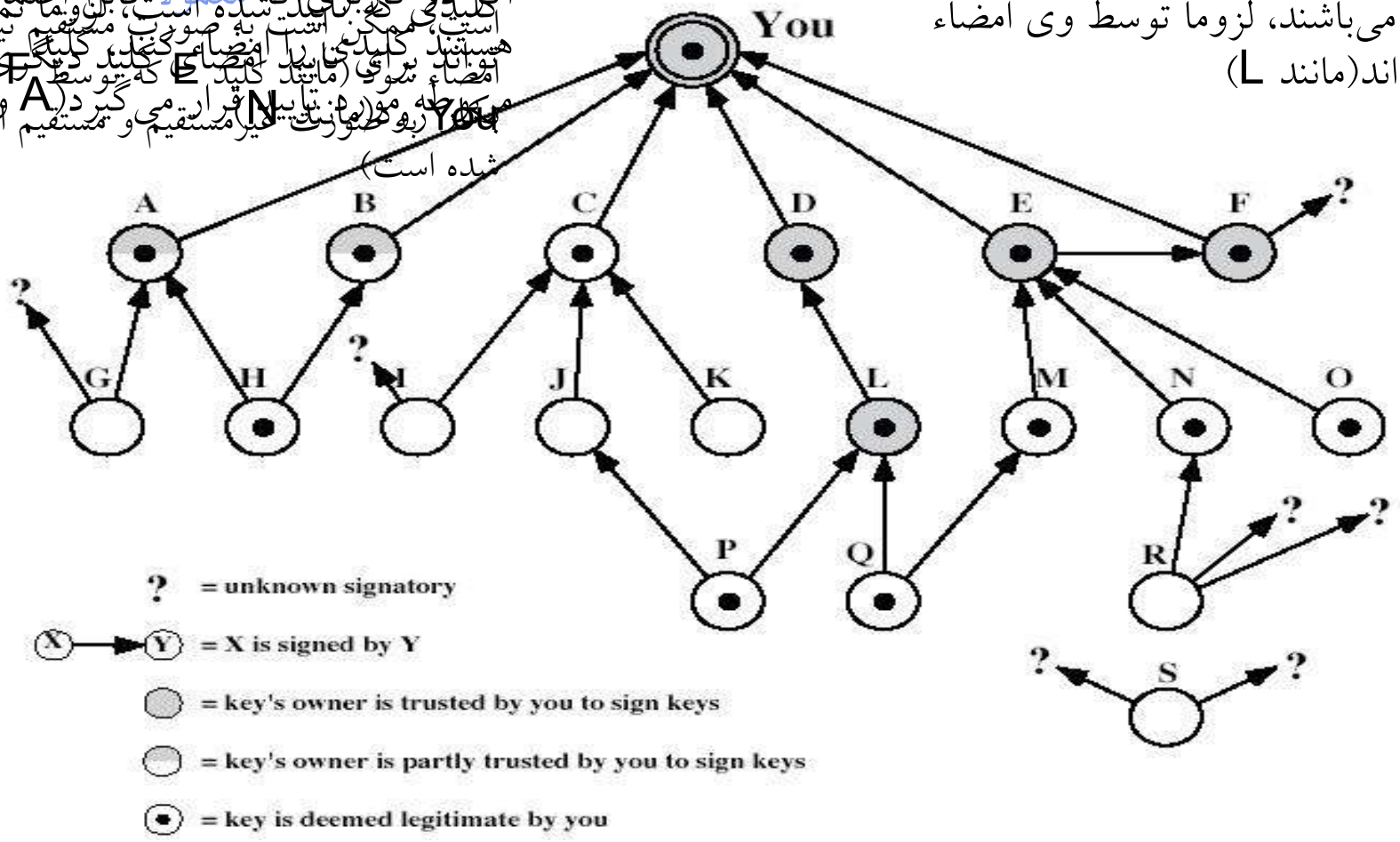
- هنگامی که A یک کلید عمومی جدید در دسته کلید درج می‌کند،
  - اگر کلید متعلق به A باشد: Ultimate trust
  - در غیراین صورت A باید شخصا مقداری وارد کند:
    - Unkown, untrusted, marginally trusted, completely trusted
- هنگامی که امضایی برای کلید عمومی اضافه می‌شود:
  - اگر امضا کننده در دسته کلید، دارای کلید عمومی باشد، فلید owner trust این کلید عمومی به فیلد sig. Trust امضا کپی می‌شود، در غیر این صورت unknown user
- فیلد legitimacy trust بر اساس فیلدهای sig. Trust محاسبه می‌شود.
  - اگر حداقل یک فیلد دارای مقدار ultimate باشند: complete
  - در غیر این صورت بر اساس وزن امضاها محاسبه میشود.

Trust Flag Bytes

(a) Trust Assigned to Public-Key Owner (appears after key packet; user defined)	(b) Trust Assigned to Public Key/User ID Pair (appears after User ID packet; computed by PGP)	(c) Trust Assigned to Signature (appears after signature packet; cached copy of OWNERTRUST for this signator)
OWNERTRUST Field — undefined trust — unknown user — usually not trusted to sign other keys — usually trusted to sign other keys — always trusted to sign other keys — this key is present in secret key ring (ultimate trust) BUCKSTOP bit — set if this key appears in secret key ring	KEYLEGIT Field — unknown or undefined trust — key ownership not trusted — marginal trust in key ownership — complete trust in key ownership WARNONLY bit — set if user wants only to be warned when key that is not fully validated is used for encryption	SIGTRUST Field — undefined trust — unknown user — usually not trusted to sign other keys — usually trusted to sign other keys — always trusted to sign other keys — this key is present in secret key ring (ultimate trust) CONTIG bit — set if signature leads up a contiguous trusted certification path back to the ultimately trusted key ring owner

Trust Model Example

کلیدهای کار برانی که مورد اعتماد یک کاربر می‌باشند، لزوما توسط وی امضاء نشده اند(مانند L)



مدیریت کلید

چند نکته در مورد شکل قبل

۱. کلیدهای کار برانی که مورد اعتماد یک کاربر می‌باشند، لزوما توسط وی امضاء نشده اند(مانند L)
۲. اگر دو کاربری که معمولا قابل اعتماد هستند کلیدی را امضاء کنند، کلید مربوطه مورد تایید قرار می‌گیرد(A و B)
۳. کلیدی که تایید شده است، لزوما نمی تواند برای تایید امضای کلید دیگری بکار رود(مانند N)
۴. کلید کاربری که بطور غیرمستقیم امضاء شده است، ممکن است به صورت مستقیم نیز امضاء شود (مانند کلید E که توسط F و You به صورت غیرمستقیم و مستقیم امضا شده است)

Email Security

S/MIME

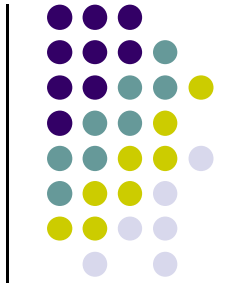
Simple Mail Transfer Protocol (SMTP, RFC 822)

- محدودیتهای SMTP : عدم توانایی یا مشکل در انتقال
  - فایلهای باینری یا اجرایی (مانند jpeg)
  - کاراکترهای غیر لاتین (غیر اسکی)
  - پیام بزرگتر از یک اندازه خاص
  - مشکلات تبدیل در ASCII و EBCDIC
  - خطوط بزرگتر از حد خاص

فیلدهای سرآیند در MIME

- **MIME-Version**
- **Content-Type**
- **Content-Transfer-Encoding:** نحوه کدگذاری مثلا RADIX64
- **Content-ID**: رشته منحصر به فرد
- **Content Description**: هنگامی که متن قابل خواندن نیست (مثلا mpeg)

Type	Subtype	Description
Text	Plain	Unformatted text; may be ASCII or ISO 8859.
	Enriched	Provides greater format flexibility.
Multipart	Mixed	The different parts are independent but are to be transmitted together. They should be presented to the receiver in the order that they appear in the mail message.
	Parallel	Differs from Mixed only in that no order is defined for delivering the parts to the receiver.
	Alternative	The different parts are alternative versions of the same information. They are ordered in increasing faithfulness to the original, and the recipient's mail system should display the "best" version to the user.
	Digest	Similar to Mixed, but the default type/subtype of each part is message/rfc822.
Message	rfc822	The body is itself an encapsulated message that conforms to RFC 822.
	Partial	Used to allow fragmentation of large mail items, in a way that is transparent to the recipient.
	External-body	Contains a pointer to an object that exists elsewhere.
Image	jpeg	The image is in JPEG format, JFIF encoding.
	gif	The image is in GIF format.
Video	mpeg	MPEG format.
Audio	Basic	Single-channel 8-bit ISDN mu-law encoding at a sample rate of 8 kHz.
Application	PostScript	Adobe Postscript format.
	octet-stream	General binary data consisting of 8-bit bytes.



MIME Content Types

```
MIME-Version: 1.0
    From: Nathaniel Borenstein <nsb@bellcore.com>
    To: Ned Freed <ned@innosoft.com>
    Subject: A multipart example
    Content-Type: multipart/mixed;
        boundary=unique-boundary-1
    This is the preamble area of a multipart message. Mail readers that understand multipart format should ignore this preamble.
     If you are reading this text, you might want to consider changing to a mail reader that understands how to properly display
     multipart messages.

     --unique-boundary-1
      ...Some text appears here...
    [Note that the preceding blank line means no header fields were given and this is text, with charset US ASCII.  It could have
     been done with explicit typing as in the next part.]

    --unique-boundary-1
    Content-type: text/plain; charset=US-ASCII
    This could have been part of the previous part, but illustrates explicit versus implicit typing of body parts.

    --unique-boundary-1
    Content-Type: multipart/parallel;   boundary=unique-boundary-2

    --unique-boundary-2
    Content-Type: audio/basic
    Content-Transfer-Encoding: base64
      ... base64-encoded 8000 Hz single-channel mu-law-format audio data goes here....

    --unique-boundary-2
    Content-Type: image/jpeg
    Content-Transfer-Encoding: base64
      ... base64-encoded image data goes here....

    --unique-boundary-2--
    --unique-boundary-1
    Content-type: text/enriched

    This is <bold><italic>richtext.</italic></bold> <smaller>as defined in RFC 1896</smaller>

     Isn't it <bigger><bigger>cool?</bigger></bigger>

    --unique-boundary-1
    Content-Type: message/rfc822

    From: (mailbox in US-ASCII)
    To: (address in US-ASCII)
    Subject: (subject in US-ASCII)
    Content-Type: Text/plain; charset=ISO-8859-1
    Content-Transfer-Encoding: Quoted-printable

      ... Additional text in ISO-8859-1 goes here ...

    --unique-boundary-1--
```

Figure 8.3 Example MIME Message Structure

S/MIME Functions

- **Enveloped Data**: رمزگذاری داده و کلید جلسه برای گیرنده
- **Signed Data**: چکیده پیام با کلید خصوصی فرستنده رمز می‌شود.
- **Clear-Signed Data**: فقط امضا می‌شود.
- **Signed and Enveloped Data**: هم امضا و هم رمز می‌شود

S/MIME Functionality

S/MIME

Enveloped data

- Consists of encrypted content of any type and encrypted content encryption keys for one or more recipients

Signed data

- A digital signature is formed by taking the message digest of the content to be signed and then encrypting that with the private key of the signer
- The content plus signature are then encoded using base64 encoding
- A signed data message can only be viewed by a recipient with S/MIME capability

Clear-signed data

- Only the digital signature is encoded using base64
- As a result recipients without S/MIME capability can view the message content, although they cannot verify the signature

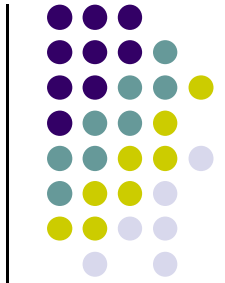
Signed and enveloped data

- Signed-only and encrypted-only entities may be nested, so that encrypted data may be signed and signed data or clear-signed data may be encrypted

الگوریتمهای مورد استفاده

- **Message Digesting:** SHA family
- **Digital Signatures:** DSS
- **Secret-Key Encryption:** AES, …
- **Public-Private Key Encryption:** RSA, and Diffie-Hellman (for session keys).

Function	Requirement
Create a message digest to be used in forming a digital signature.	MUST support SHA-1. Receiver SHOULD support MD5 for backward compatibility.
Encrypt message digest to form a digital signature.	Sending and receiving agents MUST support DSS. Sending agents SHOULD support RSA encryption. Receiving agents SHOULD support verification of RSA signatures with key sizes 512 bits to 1024 bits.
Encrypt session key for transmission with a message.	Sending and receiving agents SHOULD support Diffie-Hellman. Sending and receiving agents MUST support RSA encryption with key sizes 512 bits to 1024 bits.
Encrypt message for transmission with a one-time session key.	Sending and receiving agents MUST support encryption with tripleDES Sending agents SHOULD support encryption with AES. Sending agents SHOULD support encryption with RC2/40.
Create a message authentication code	Receiving agents MUST support HMAC with SHA-1. Sending agents SHOULD support HMAC with SHA-1.



Cryptographic Algorithms Used in S/MIME

S/MIME Content Types

Type	Subtype	smime Parameter	Description
Multipart	Signed		A clear-signed message in two parts: one is the message and the other is the signature.
Application	pkcs7-mime	signedData	A signed S/MIME entity.
	pkcs7-mime	envelopedData	An encrypted S/MIME entity.
	pkcs7-mime	degenerate signedData	An entity containing only public-key certificates.
	pkcs7-mime	CompressedData	A compressed S/MIME entity.
	pkcs7-signature	signedData	The content type of the signature subpart of a multipart/signed message.

S/MIME

- S/MIME از گواهی های کلید عمومی X.509 نسخه ۳ که توسط یک CA امضا شده باشد استفاده می‌کند.
- وظایف:
  - تولید کلید : Diffie-Hellman, DSS, RSA
  - ثبت کلید (Registration): کلیدهای عمومی باید توسط مرکز گواهی ثبت شوند.
  - ذخیره گواهی ها: گواهی ها به صورت محلی ذخیره می‌شوند
  - رمز گذاری و امضای داده

S/MIME

- مثال:
  - Verisign (www.verisign.com)
    - Class-1: آدرس email فرستنده با فرستادن یک سری اطلاعات تایید می‌شود.
    - Class-2: آدرس پستی هم بررسی و تایید می‌شود.
    - Class-3: خریدار باید حضورا مراجعه کند یا مدارک رسمی بفرستد.

DomainKeys Identified Mail (DKIM)

- A specification for cryptographically signing e-mail messages, permitting a signing domain to claim responsibility for a message in the mail stream
- Message recipients can verify the signature by querying the signer's domain directly to retrieve the appropriate public key and can thereby confirm that the message was attested to by a party in possession of the private key for the signing domain
- Proposed Internet Standard RFC 4871
- Has been widely adopted by a range of e-mail providers and Internet Service Providers (ISPs)

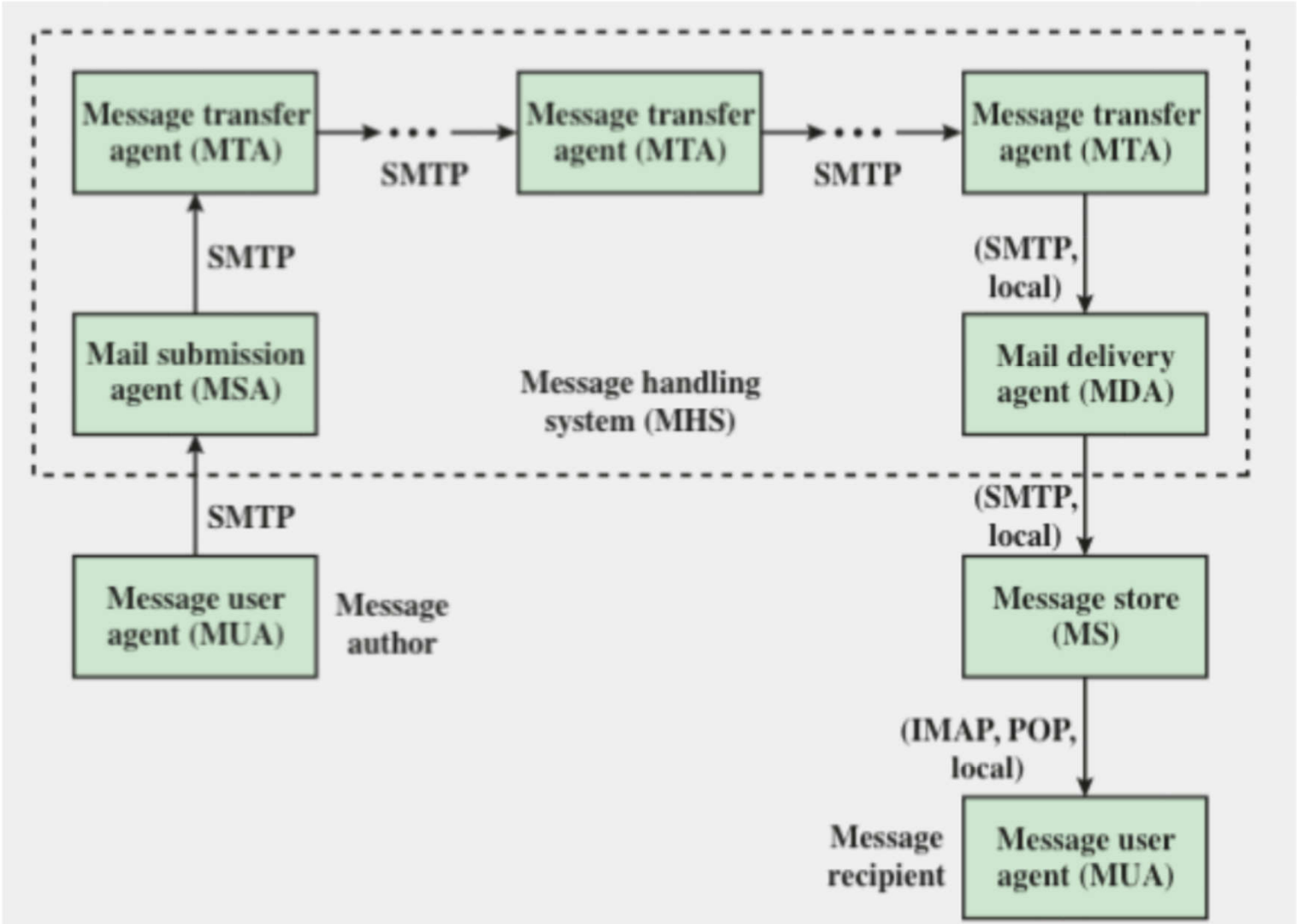
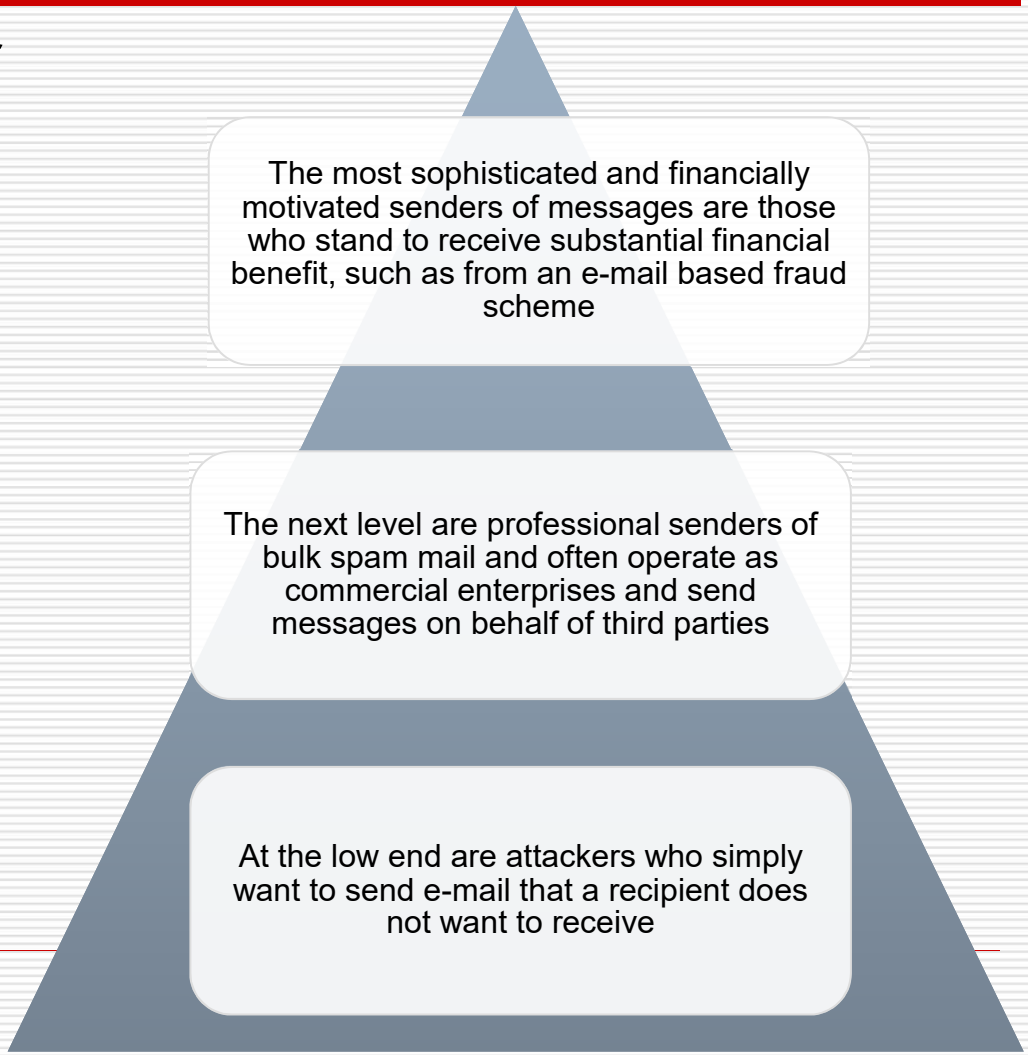


Figure 8.4 Function Modules and Standardized Protocols Used Between Them

E-mail Threats

- RFC 4684 *(Analysis of Threats Motivating DomainKeys Identified Mail)*
  - Describes the threats being addressed by DKIM in terms of the characteristics, capabilities, and location of potential attackers
- Characterized on three levels of threat:



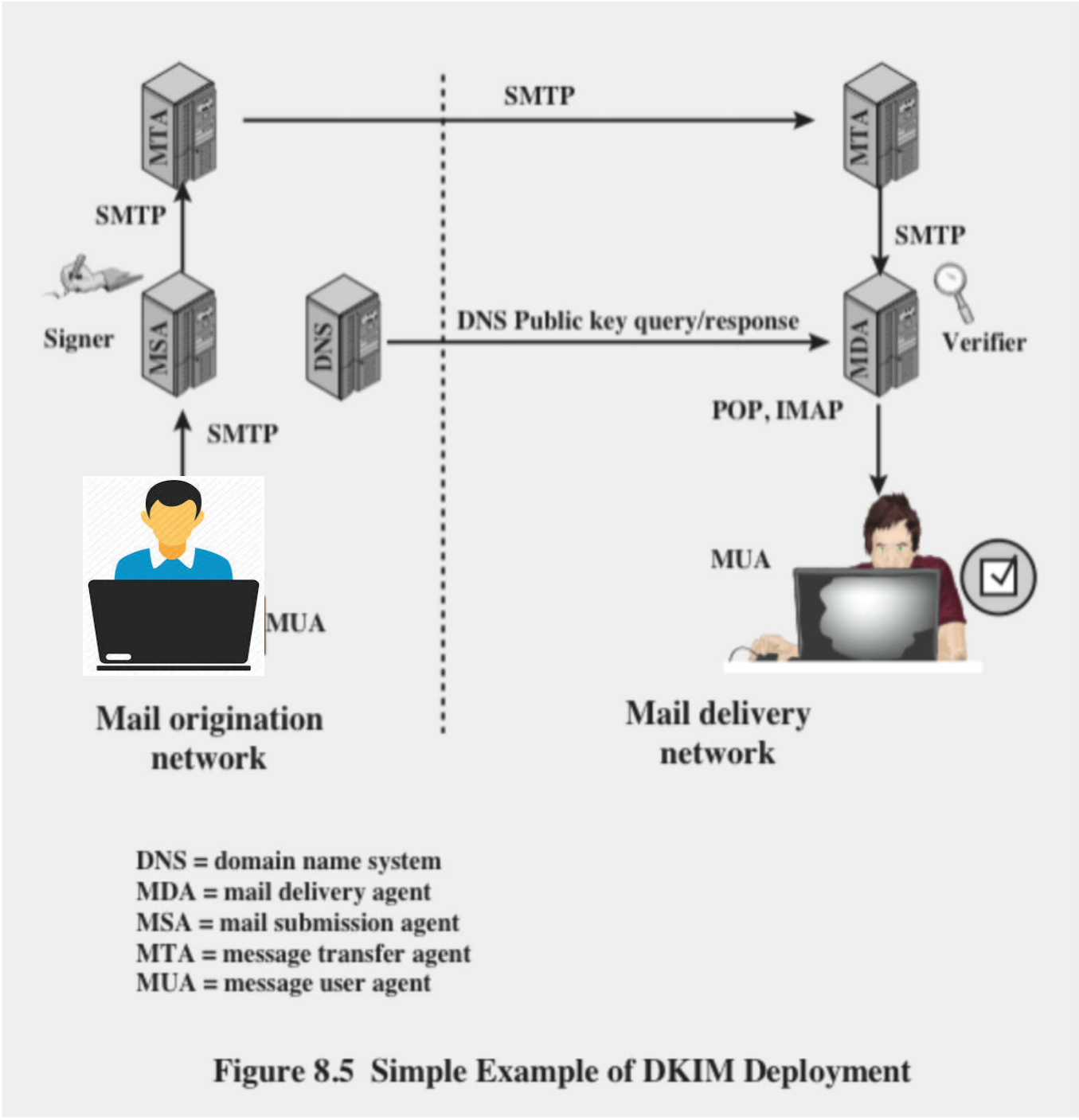


Figure 8.5 Simple Example of DKIM Deployment

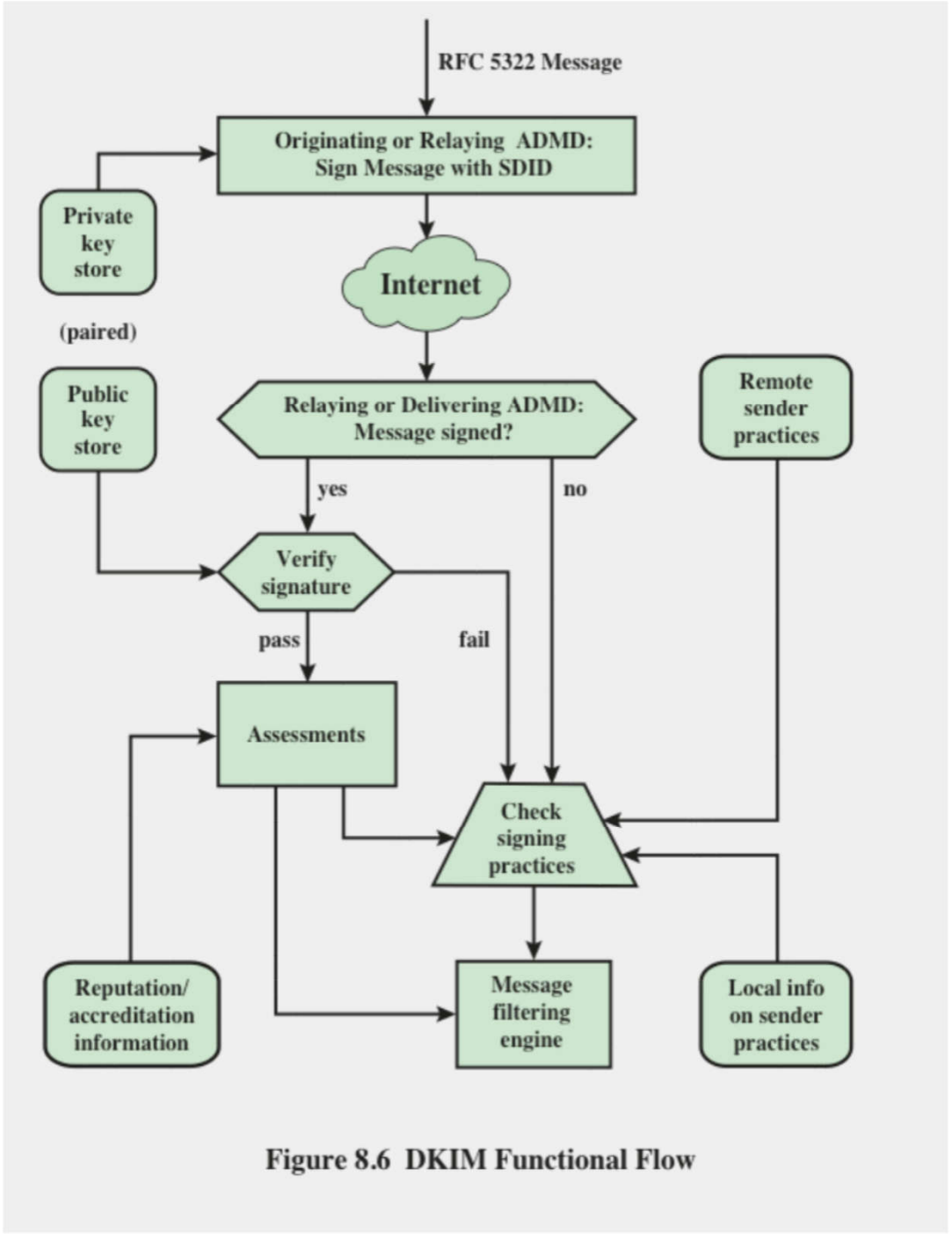


Figure 8.6 DKIM Functional Flow

Recommended Web Sites

- PGP home page: www.pgp.com
- MIT distribution site for PGP
- S/MIME Charter
- S/MIME Central: RSA Inc.’s Web Site

یا ذالامن والامان

پایان

؟