

BLM5102 Bilgisayar Sistemleri ve Ağ Güvenliği

Prof. Dr. Hasan Hüseyin BALIK
(8. Hafta)

İçerik

- 3.Şifreleme Algoritmaları
 - 3.1 Şifreleme Araçları
 - 3.2 Simetrik Şifreleme ve Mesaj Gizliliği
 - 3.3 Açık Anahtarlı Şifreleme ve İleti Kimlik Doğrulaması

3.1 Şifreleme Araçları

3.1.İçerik

- Simetrik Şifreleme ile Gizlilik
- Mesaj Doğrulama ve Hash Fonksiyonları
- Açık Anahtar Şifreleme
- Dijital İmzalar ve Anahtar Yönetimi
- Rastgele ve Sözde Rastgele Sayılar

Simetrik Şifreleme

- İletilen veya depolanan veriler için gizlilik sağlama amacıyla kullanılan evrensel bir tekniktir
- Geleneksel şifreleme veya tek anahtarlı şifreleme olarak da adlandırılır
- Güvenli kullanım için iki gereksinim:
 - Güçlü bir şifreleme algoritmasına ihtiyacınız vardır.
 - Gönderici ve alıcı gizli anahtarın kopyalarını güvenli bir şekilde almış olmalı ve anahtarı güvende tutmalıdır.

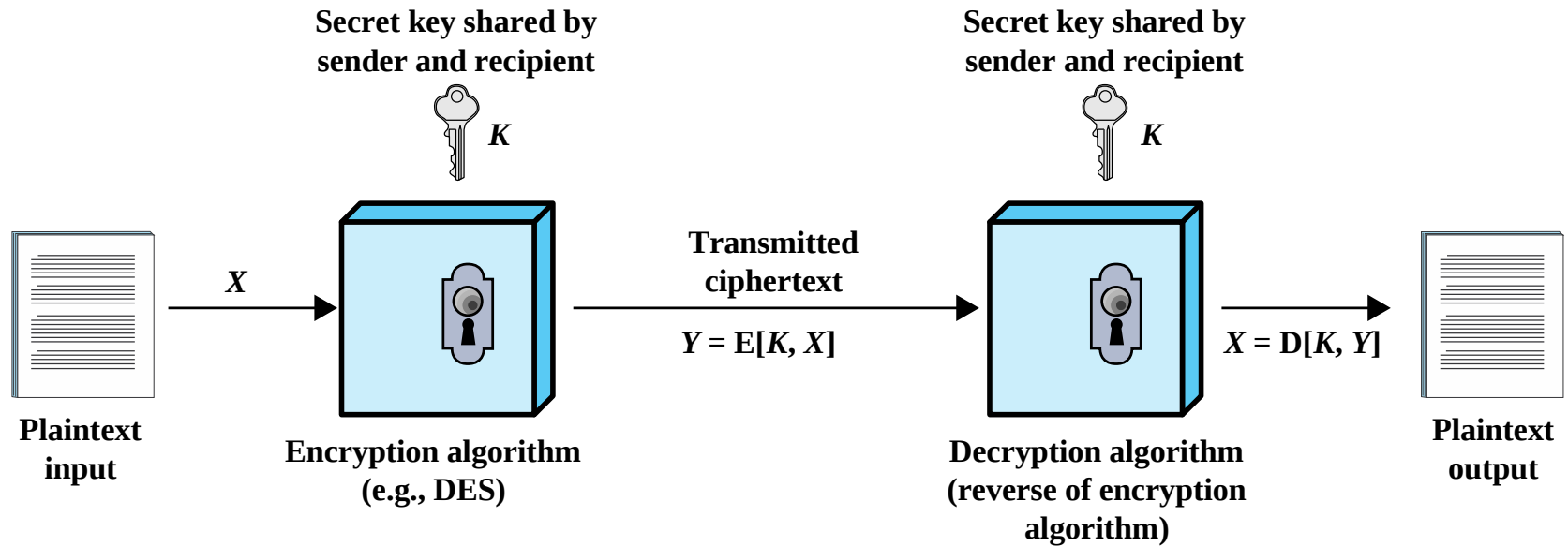


Figure 2.1 Simplified Model of Symmetric Encryption

Simetrik Şifrelemeye Saldırı

Kriptanalitik Saldırıları

- dayanır:
 - Algoritmanın doğası
 - Düz metnin genel özellikleri hakkında biraz bilgi
 - Bazı örnek düz metin-şifreli metin çiftleri
- Belirli bir düz metin veya kullanılan anahtarı çıkarmaya çalışmak için algoritmanın özelliklerinden yararlanır
 - Başarılı olursa, bu anahtarla şifrelenmiş tüm gelecekteki ve geçmiş iletiler tehlikeye girer

Kaba Kuvvet Saldırıları

- şifreli metin üzerinden düz metne anlaşılır bir çeviri elde edilene kadar tüm ihtimaller denenir
 - Başarıya ulaşmak için tüm olası anahtarların ortalama yarısı denenmelidir

Veri Şifreleme Standardı (DES)



- Yakın zamana kadar en yaygın kullanılan şifreleme şemasıydı
 - NIST tarafından 1977 FIPS PUB 46'da uyarlanmıştır
 - Veri Şifreleme Algoritması (DEA) olarak anılır
 - 64 bit şifreli metin bloğu oluşturmak için 64 bit düz metin bloğu ve 56 bit anahtar kullanır



- Güç Endişeleri:
 - Algoritmanın kendisiyle ilgili endişeler.
 - DES, var olan en çok çalışılan şifreleme algoritmasıdır
 - Şimdiye kadar ölümcül bir hata bildirilmedi.
 - 56 bitlik anahtarın kullanımıyla ilgili endişeler
 - Ticari kullanıma hazır işlemcilerin hızı, bu anahtar uzunluğunu ne yazık ki yetersiz kılıyor.

Üçlü DES (3DES)

- DES'in ömrü, üçlü DES kullanımıyla uzatıldı.
- İki veya üç benzersiz anahtar kullanarak temel DES algoritmasını üç kez tekrarlar
- İlk olarak 1985'te ANSI standardı X9.17'de finansal uygulamalarda kullanım için standartlaştırılmıştır.
- Avantajları:
 - 168-bit anahtar uzunluğu, DES'nin kaba kuvvet saldırısına karşı güvenlik açığının üstesinden gelir
 - Temel şifreleme algoritması DES ile aynıdır
- Dezavantajları:
 - Algoritma yazılımda yavaş
 - 64 bit blok boyutu kullanır

Gelişmiş Şifreleme Standardı (AES)

**3DES için bir yedek
gerekiyordu**

**3DES, uzun süreli
kullanım için
makul değildi**

**NIST, 1997'de yeni
bir AES için teklif
çağrısında bulundu**

**3DES'e eşit veya daha iyi
bir güvenlik gücüne
sahip olmalıdır**

**Önemli ölçüde
geliştirilmiş verimlilik**

Simetrik blok şifreleme

**128 bit veri ve
128/192/256 bit
anahtarlar**

**Kasım 2001'de
seçilen Rijndael**

**İlk değerlendirme
turunda önerilen 15
algoritma kabul edildi**

**İkinci tur, alanı 5
algoritmaya daralttı**

**FIPS 197 olarak
yayınlandı**

Üç Popüler Simetrik Şifreleme Algoritmasının Karşılaştırılması

	DES	Üçlü DES	AES
Düz metin blok boyutu (bit)	64	64	128
Şifreli metin blok boyutu (bit)	64	64	128
Anahtar boyutu (bit)	56	112 veya 168	128, 192 veya 256

DES = Veri Şifreleme Standardı

AES = Gelişmiş Şifreleme Standardı

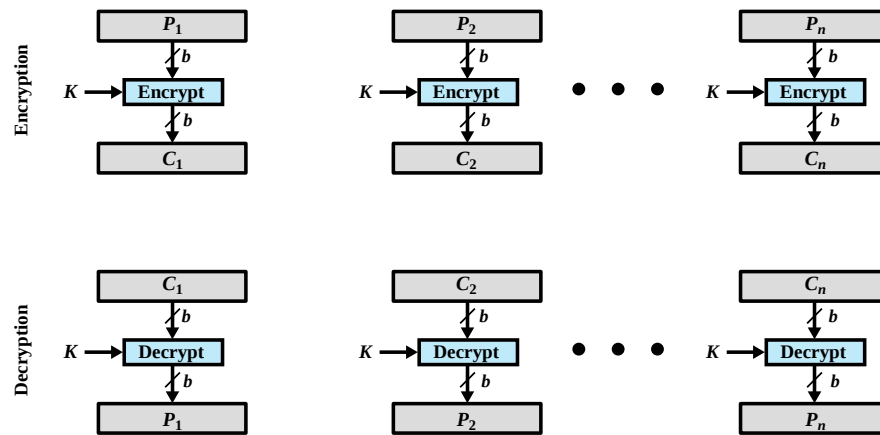
Kapsamlı Anahtar Arama için Gerekli Ortalama Süre

Anahtar boyutu (bit)	şifre	Alternatif Anahtar Sayısı	10^9 şifre çözme/sn'de Gerekli Süre	10^{13} şifre çözme/sn'de Gerekli Süre
56	DES	$2^{56} \approx 7.2 \times 10^{16}$	255 ns = 1.125 yıl	1 saat
128	AES	$2^{128} \approx 3.4 \times 10^{38}$	2127 ns = $5,3 \times 10^{21}$ yıl	5.3×10^{17} yıl
168	Üçlü DES	$2^{168} \approx 3.7 \times 10^{50}$	2167 ns = $5,8 \times 10^{33}$ yıl	5.8×10^{29} yıl
192	AES	$2^{192} \approx 6.3 \times 10^{57}$	2191 ns = 9.8×10^{40} yıl	9.8×10^{36} yıl
256	AES	$2^{256} \approx 1.2 \times 10^{77}$	2255 ns = 1.8×10^{60} yıl	1.8×10^{56} yıl

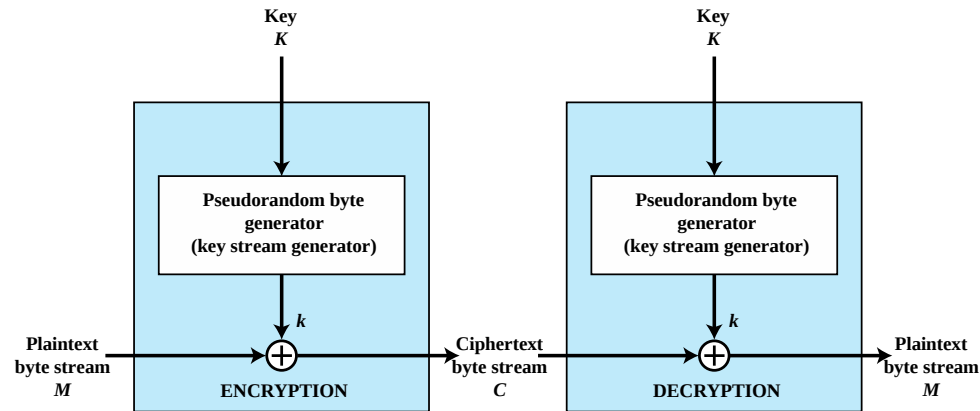
Bu tablo, çeşitli anahtar boyutları için kaba kuvvet saldırısı için ne kadar zaman gerektiğini gösterir.

Pratik Güvenlik Sorunları

- Tipik olarak simetrik şifreleme, tek bir 64-bit veya 128-bit bloktan daha büyük bir veri birimine uygulanır.
- Elektronik kod kitabı (ECB) modu, çok bloklulu şifrelemeye en basit yaklaşımdır
 - Her düz metin bloğu aynı anahtar kullanılarak şifrelenir
 - Kriptanalistler, düz metindeki düzenliliklerden yararlanabilir
- Operasyon modları
 - Büyük diziler için simetrik blok şifrelemenin güvenliğini artırmak için geliştirilmiş alternatif teknikler
 - ECB'nin zayıflıklarının üstesinden gelir



(a) Block cipher encryption (electronic codebook mode)



(b) Stream encryption

Figure 2.2 Types of Symmetric Encryption

Blok ve Kesintisiz Şifreleme

Blok Şifreleme

- Girdiyi bir seferde bir eleman bloğu işler
- Her giriş bloğu için bir çıkış bloğu üretir
- Anahtarları yeniden kullanabilir
- Daha yaygın

Kesintisiz şifreleme

- Giriş öğelerini sürekli olarak işler
- Her seferinde bir eleman çıktı üretir
- Birincil avantaj, neredeyse her zaman daha hızlı olmaları ve çok daha az kod kullanmalarıdır.
- Düz metni her seferinde bir bayt şifreler
- Sözde akış, giriş anahtarı bilgisi olmadan öngörülemeyen akıştır.

Mesaj Kimliği Doğrulama



Aktif saldırılara karşı korur	
Alınan mesajın gerçek olduğunu doğrular	• İçerik değiştirilmedi • Orijinal kaynaktan • Zamanında ve doğru sırayla
Geleneksel şifrelemeyi kullanabilir	• Yalnızca gönderen ve alıcı bir anahtarı paylaşır

Gizlilik Olmadan Mesaj Doğrulama

- İleti şifreleme tek başına güvenli bir kimlik doğrulama biçimi sağlamaz
- Bir mesajı ve onun kimlik doğrulama etiketini şifreleyerek kimlik doğrulama ve gizliliği tek bir algorithma birleştirmek mümkündür.
- Tipik olarak mesaj doğrulama, mesaj şifrelemeden ayrı bir fonksiyon olarak sağlanır.
- Gizlilik olmadan mesaj doğrulamanın tercih edilebileceği durumlar şunlardır:
 - Aynı mesajın birkaç hedefe yayınlandığı birkaç uygulama vardır.
 - Bir tarafın ağır bir yüke sahip olduğu ve gelen tüm mesajların şifresini çözecek zamanı karşılayamadığı bir değişim.
 - Düz metin olarak bir bilgisayar programının kimlik doğrulaması çekici bir hizmettir
- Böylece güvenlik gereksinimlerini karşılamada hem kimlik doğrulama hem de şifreleme için yer vardır.

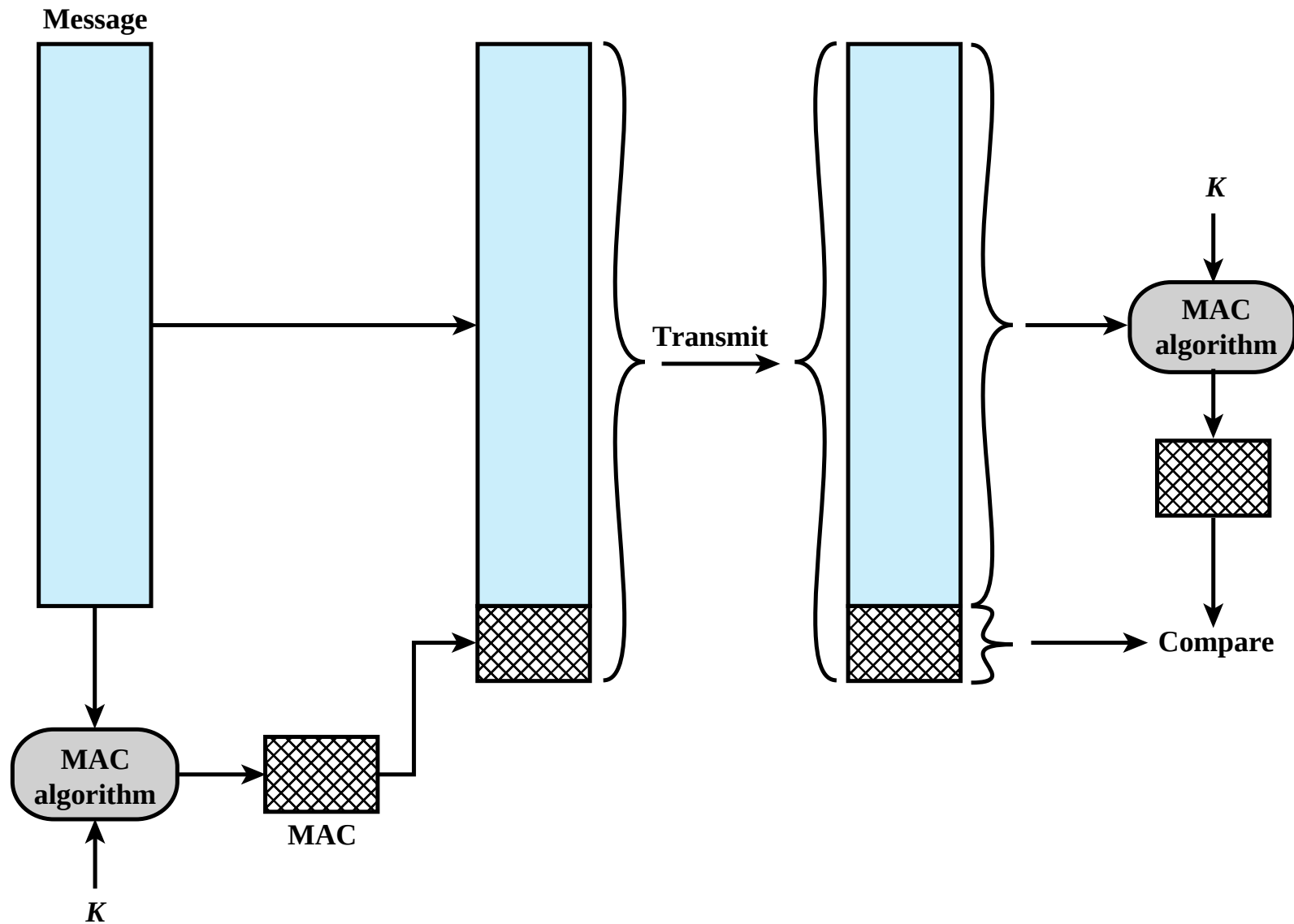
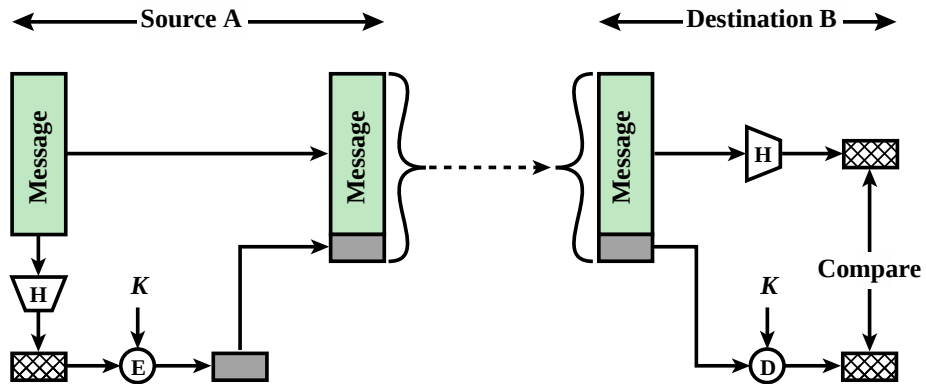
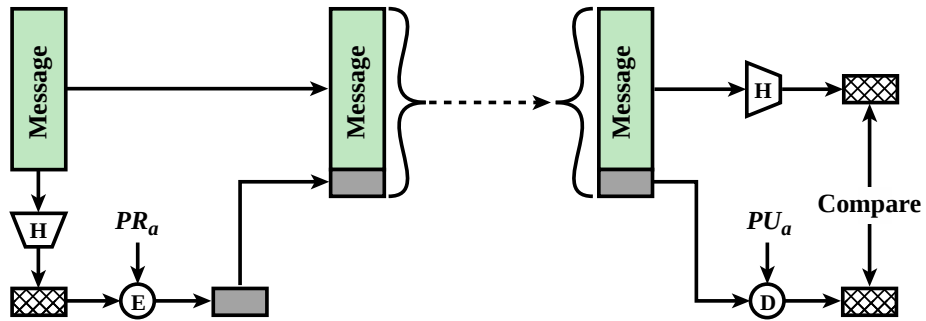


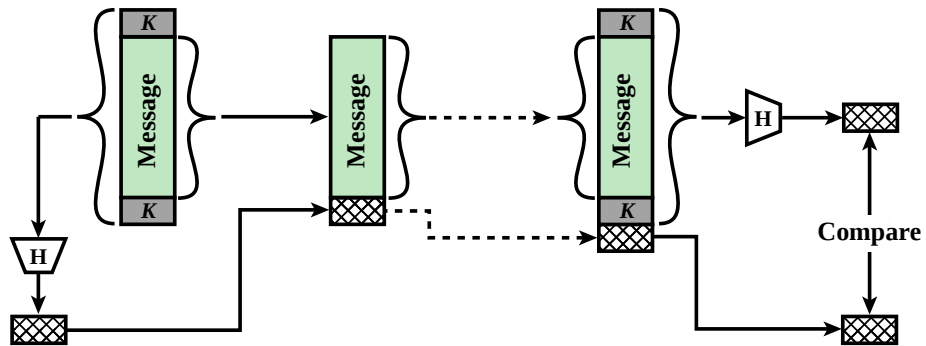
Figure 2.3 Message Authentication Using a Message Authentication Code (MAC).



(a) Using symmetric encryption



(b) Using public-key encryption



(c) Using secret value

Figure 2.5 Message Authentication Using a One-Way Hash Function.

Mesaj doğrulamada kullanılabilmesi için, bir hash (H) fonksiyonu aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

Herhangi bir boyuttaki bir veri bloğuna uygulanabilir

Sabit uzunlukta bir çıktı üretir

$H(x)$ herhangi bir x için hesaplanması nispeten kolaydır

Tek yönlü. $H(x) = h$ olacak şekilde x 'i bulmak hesaplama açısından mümkün değil

$H(y) = H(x)$ olacak şekilde $y \neq x$ 'i bulmak hesaplama açısından mümkün değil

Çarpışmaya dayanıklı veya güçlü çarpışma direnci. $H(x) = H(y)$ olacak şekilde herhangi bir (x,y) çifti bulmak hesaplama açısından mümkün değil

Hash Fonksiyonlarının Güvenliği

Güvenli bir H fonksiyonuna saldırmak için iki yaklaşım vardır.:

Kriptoanaliz

- Algoritmadaki mantıksal zayıflıklardan yararlanır

Kaba kuvvet saldırısı

- Hash fonksiyonunun gücü sadece algoritma tarafından üretilen hash kodunun uzunluğuna bağlıdır.

SHA en yaygın kullanılan hash algoritması

SHA, NIST tarafından geliştirildi ve 1993'te yayınlandı

Ek güvenli hash fonksiyonu uygulamaları:

Parolalar

- Bir parolanın hash'i bir işletim sistemi tarafından saklanır

İzinsiz giriş tespiti

- Her dosya için $H(F)$ 'yi bir sistemde saklayın ve hash değerlerini güvenceye alın

Açık Anahtar Şifreleme Yapısı

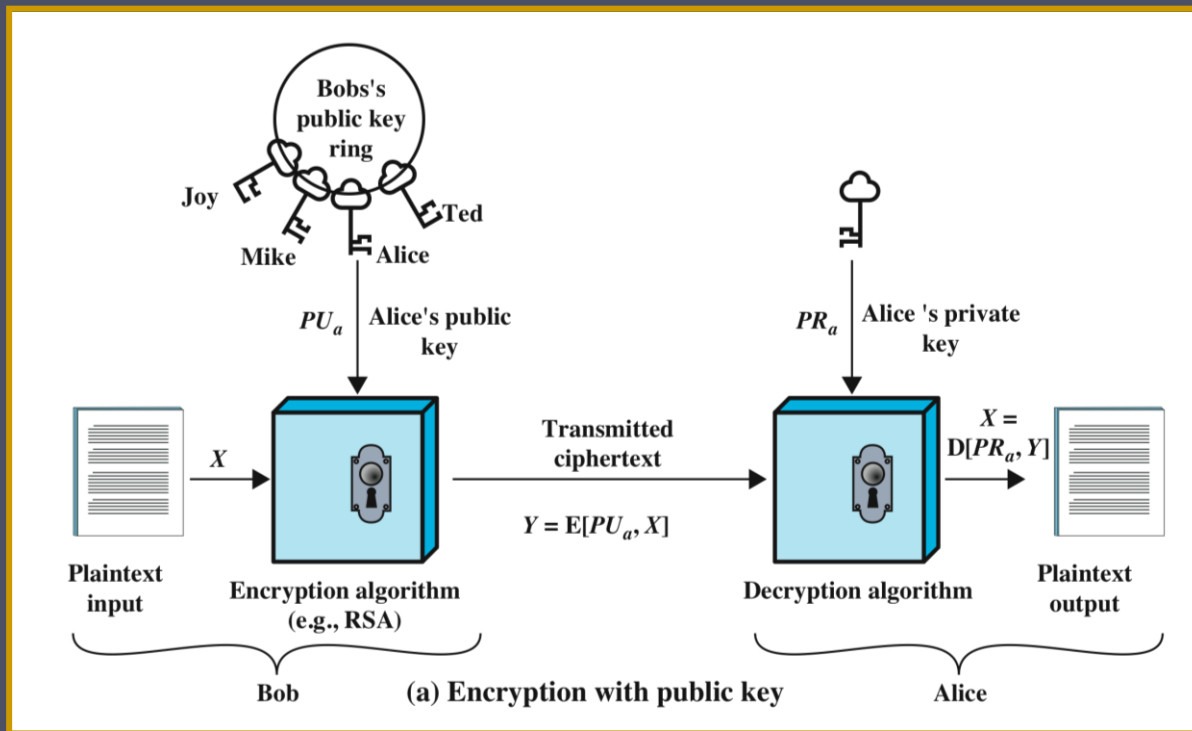
Diffie ve Hellman tarafından 1976'da halka açık olarak önerilmiştir.

Matematiksel fonksiyonlara dayalı

Asymmetric

- İki ayrı anahtar kullanır
- Genel anahtar ve özel anahtar
- Genel anahtar, başkalarının kullanması için herkese açık hale getirilir

Dağıtım için bir tür protokol gereklidir



- **Düz metin**
 - Girdi olarak algoritmaya beslenen okunabilir mesaj veya veriler
- **Şifreleme algoritması**
 - Düz metin üzerinde dönüşümler gerçekleştirir
- **Genel ve özel anahtar**
 - Bir çift anahtar, biri şifreleme için, biri şifre çözme için
- **Şifreli metin**
 - Çıktı olarak üretilen şifreli mesaj
- **Şifre çözme algoritması**
 - Orijinal düz metni üretir

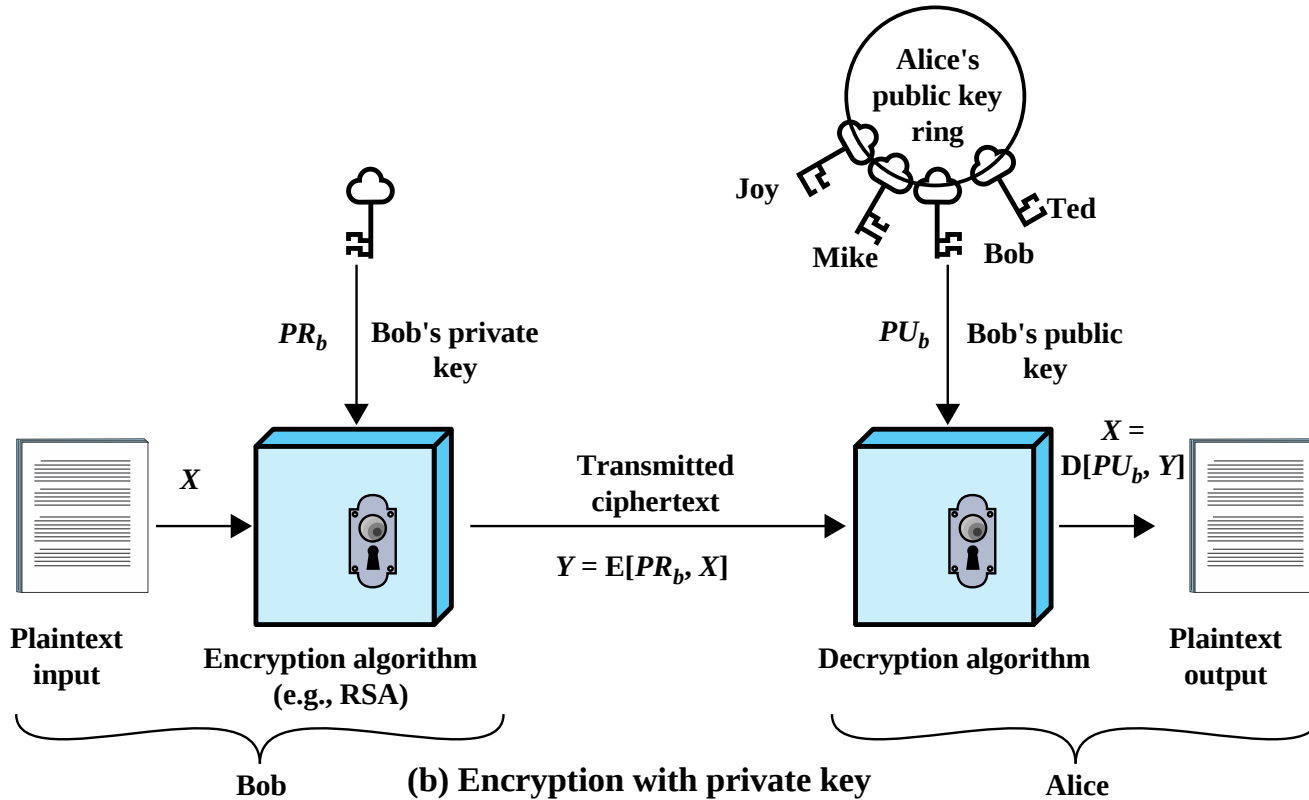


Figure 2.6 Public-Key Cryptography

- Kullanıcı, kendi özel anahtarını kullanarak verileri şifreler
- Karşılık gelen ortak anahtarı bilen herkes mesajın şifresini çözebilir.

Asimetrik Şifreleme Algoritmaları

**RSA (Rivest,
Shamir, Adleman)**

1977'de geliştirildi

Açık anahtar şifrelemeye
yönelik en yaygın kabul
gören ve uygulanan
yaklaşım

Bazı n için düz metin ve
şifreli metnin 0 ile $n-1$
arasında tam sayılar
olduğu blok şifre.

**Diffie-Hellman
anahtar değişim
algoritması**

İki kullanıcının, mesajların
daha sonra simetrik olarak
şifrlenmesi için gizli
anahtar olarak
kullanılabilecek paylaşılan
bir sır hakkında güvenli bir
şekilde anlaşmaya
varmasını sağlar

Anahtar değişimi ile
sınırlıdır

**Dijital İmza
Standardı(DSS)**

SHA-1 ile yalnızca dijital
imza işlevi sağlar

Şifreleme veya anahtar
değişimi için kullanılamaz

**Eliptik eğri
kriptografisi(ECC)**

RSA gibi güvenlik, ancak
çok daha küçük
anahtarlarla

Açık Anahtarlı Kriptosistemler için Uygulamalar

Algoritma	Elektronik imza	Simetrik Anahtar Dağıtımı	Gizli Anahtarların Şifrelenmesi
RSA	Evet	Evet	Evet
Diffie-Hellman	Hayır	Evet	Hayır
DSS	Evet	Hayır	Hayır
Eliptik Eğri	Evet	Evet	Evet

Açık Anahtarlı Şifreleme Sistemleri için Gereksinimler

Anahtar çiftleri oluşturmak için hesaplama açısından kolay

Her bir rol için anahtarlardan biri kullanılabilirse kullanışlıdır

Mesajları şifrelemek için ortak anahtarı bilen gönderici için hesaplama açısından kolay

Saldırganın orijinal mesajı kurtarması için hesaplama açısından mümkün değil

Şifreli metnin şifresini çözmek için özel anahtarı bilen alıcı için hesaplama açısından kolay

Saldırganın genel anahtardan özel anahtarı belirlemesi hesaplama açısından mümkün değil



Dijital imzalar

- NIST FIPS PUB 186-4 dijital imzayı şu şekilde tanımlar:
” Doğru şekilde uygulandığında, kaynak kimlik doğrulamasını, veri bütünlüğünü ve imzanın reddedilmemesini doğrulamak için bir mekanizma sağlayan verilerin kriptografik dönüşümünün sonucudur.”
- Bu nedenle, bir dijital imza, bir dosya, mesaj veya başka bir veri bloğu biçiminin bir işlevi olarak bir aracı tarafından oluşturulan veriye bağlı bir bit modelidir.
- FIPS 186-4, üç dijital imza algoritmasından birinin kullanımını belirtir:
 - Dijital İmza Algoritması (DSA)
 - RSA Dijital İmza Algoritması
 - Eliptik Eğri Dijital İmza Algoritması (ECDSA)

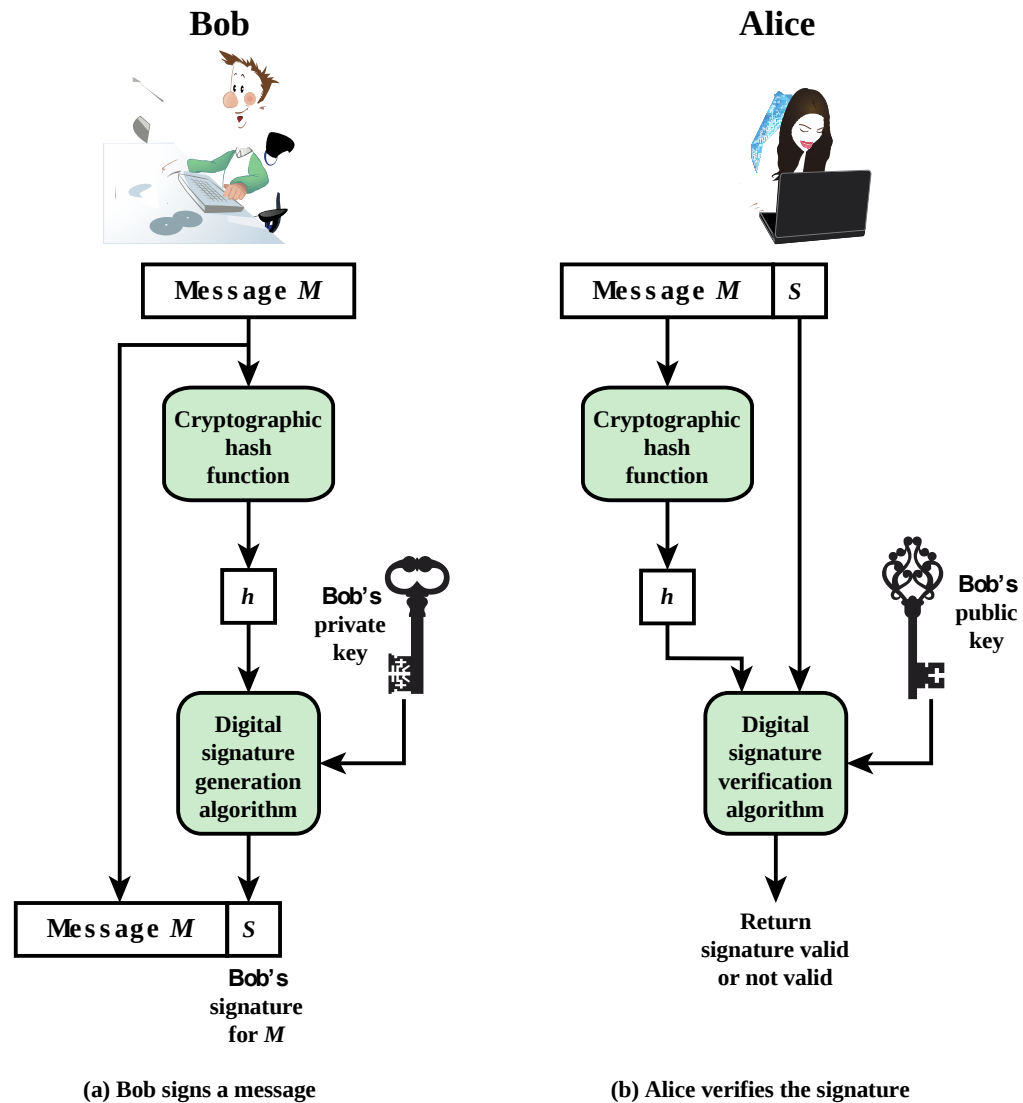


Figure 2.7 Simplified Depiction of Essential Elements of Digital Signature Process

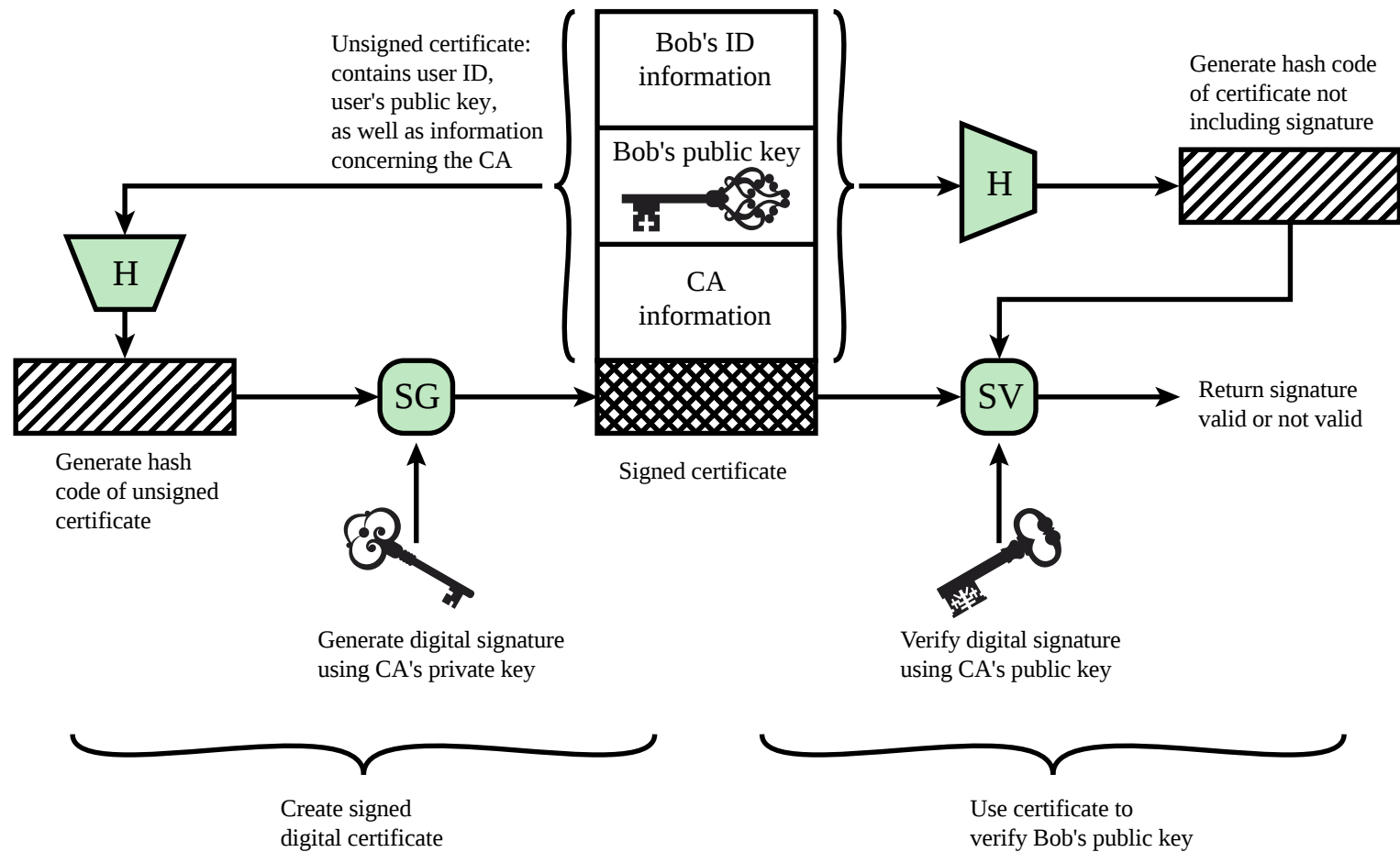
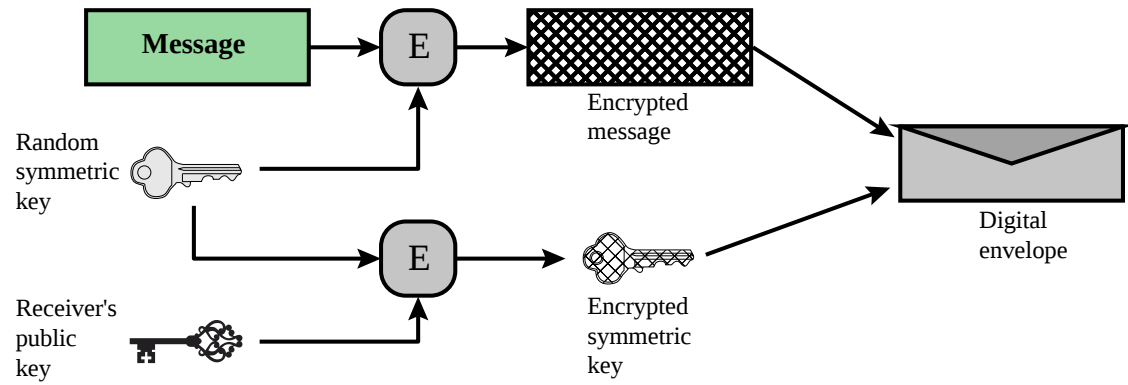
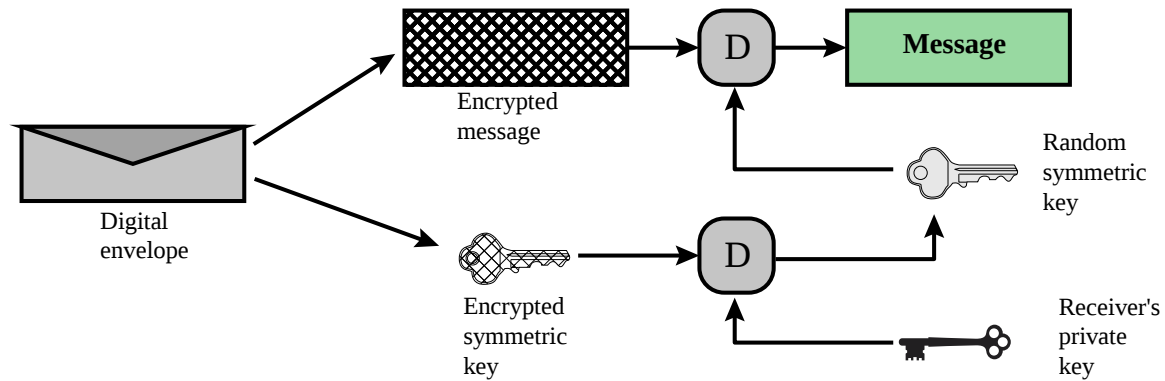


Figure 2.8 Public-Key Certificate Use



(a) Creation of a digital envelope



(b) Opening a digital envelope

Figure 2.9 Digital Envelopes

Rastgele Sayılar

Kullanım alanları:

- Açık anahtar algoritmaları için anahtarlar
- Simetrik akış şifresi için akış anahtarı
- Geçici oturum anahtarı olarak veya dijital zarf oluşturmada kullanım için simetrik anahtar
- Tekrar saldırılarını önlemek için el sıkışma
- Oturum anahtarı

Rastgele Sayı Gereksinimleri

Rastgelelik

- Kriterler:

- Üniform dağılım
 - Sayıların her birinin oluşma sıklığı yaklaşık olarak aynı olmalıdır.
- Bağımsızlık
 - Dizideki hiçbir değer diğerlerinden çıkarılamaz

Tahmin edilemezlik

- Her sayı dizideki diğer sayılardan istatistiksel olarak bağımsızdır
- Rakip, dizinin gelecekteki öğelerini daha önceki öğelere dayanarak tahmin edememelidir.

Rastgele ve Sözde Rastgele

Tekrar saldırılarını önlemek için el sıkışma Kriptografik uygulamalar tipik olarak rasgele sayı üretimi için algoritmik tekniklerden yararlanır

- Algoritmalar deterministiktir ve bu nedenle istatistiksel olarak rastgele olmayan sayı dizileri üretirler.

Sözde rasgele sayılar şunlardır:

- İstatistiksel rastgelelik testlerini karşılayan diziler üretildi
- Tahmin edilebilir olması muhtemel

Gerçek rastgele sayı üretici (TRNG):

- Rastgelelik üretmek için deterministik olmayan bir kaynak kullanır
- Çoğu, öngörülemez doğal süreçleri ölçerek çalışır
 - Örneğin. radyasyon, gaz deşarjı, sızdıran kapasitörler
- Modern işlemcilerde giderek daha fazla destekleniyor

Pratik uygulama: Saklanan Verilerin Şifrelenmesi

İletilen verileri şifrelemek için ortak

Depolanan veriler için çok daha az yaygın

Etki alanı kimlik doğrulaması ve işletim sistemi erişim kontrollerinin ötesinde genellikle çok az koruma vardır.

Veriler süresiz olarak arşivlenir

Silirse bile, disk sektörleri yeniden kullanılabildiği kadar veriler kurtarılabilir

Depolanan verileri şifrelemek için yaklaşımlar:

Piyasada bulunan bir şifreleme paketini kullanın

Arka uç cihaz

Kütüphane tabanlı bant şifreleme

Arka planda dizüstü/PC veri şifrelemesi