IT-Security Tutorübung 06

Dorian Zedler

27. November 2023

Technische Universität München

Inhalt der Tutorübung

Aufgabe 1

Aufgabe 2

Aufgabe 3

Inhalt der Tutorübung

- Nachrichten Authentifizierungs-Codes (MACs)
- AEAD Chiffren
- Digitale Signaturen
- Pseudo-Zufallszahlengeneratoren (PRNGs)
- Diffie-Hellman Schlüsselaustausch

Aufgabe 1

Aufgabe 1a - MAC-Then-Enrypt

a) In der Vorlesung haben Sie gelernt, dass bei der Generierung von MACs immer das Prinzip „Encrypt-Then-MAC“ eingehalten werden sollte. Warum ist dies der Variante „MAC-Then-Encrypt“ vorzuziehen? (Hinweis: Erinnern Sie sich an die Padding Oracle Aufgabe!)

- Bei **MAC-Then-Encrypt** wird der MAC über den Klartext gebildet. Schritte um den MAC zu prüfen:
  1) Nachricht entschlüsseln
  2) MAC prüfen

  $\rightarrow$ Padding Oracle Angriff möglich!
- Bei **Encrypt-Then-MAC** wird der MAC über den Ciphertext gebildet. Schritte um den MAC zu prüfen:
  1) MAC prüfen
  2) Nachricht entschlüsseln

  $\rightarrow$ Padding Oracle Angriff nicht möglich!

Aufgabe 1b - AEAD Chiffren

b) Was sind Vorteile einer AEAD Chiffre im Vergleich zu traditioneller, separater Verschlüsselung und Integritätsschutz mittels MACs?

- Geringere Fehleranfälligkeit bei der Implementierung
- Alle CIA Schutzziele werden abgedeckt
- Nur ein Schlüssel wird benötigt
- Potenziell effizienter als separate Verschlüsselung und MACs
- Beispiel: **AES-GCM**

Aufgabe 1c - MACs vs. digitale Signaturen

c) Grenzen Sie digitale Signaturen und MACs voneinander ab!

- **Digitale Signaturen**:
  - Asymmetrisch, Verifikation mit öffentlichem Schlüssel des Senders
  - Öffentlicher Schlüssel ist einer Person zugeordnet $\rightarrow$ signierte Nachricht kann eindeutig dem Abesender zugeordent werden!
  - Schutzziele: Authentizität, Integrität, **Verbindlichkeit**
  - Beispiel: Unterschreiben eines Vertrages
- **MACs**:
  - Symmetrisch, Verifikation mit gemeinsamem, geheimem Schlüssel
  - Geheimer Schlüssel ist jedem Teilnehmer bekannt $\rightarrow$ Nachricht kann nicht eindeutig zugeordnet werden!
  - Schutzziele: Integrität, Authentizität

Aufgabe 2

Aufgabe 2a - PRNGs

a) Für welche kryptografischen Anwendungen benötigen Sie zufällige Werte, die ein Angreifer nicht erraten darf?

- Schlüsselgenerierung
- Initialisierungsvektoren
- Seeds für sicheres Padding

Aufgabe 2 - PRNGs, was soll das?

- Zufallszahlen sind wichtig!
- Beispiele für Zufall:
  - Würfeln
  - Rauschender Pin
  - Lavalampe

  - Quantenphänomene, z.B. halbdurchlässiger Spiegel

- Zufall ist schwer und teuer zu erzeugen!
- Lösung: **Pseudo-Zufallszahlengeneratoren** (PRNGs)

Aufgabe 2 - PRNGs, wie geht das?

- PRNGs generieren, basierend auf einem **zufälligen Seed**, **deterministisch** Pseudo-Zufallszahlen.
- Beispiel: **Xorshift32** (32-Bit)

```
1   state = ... # Seed the rng
2
3   def u32(x):
4       return x & ((1 << 32) - 1)
5
6   def randgen_xorshift32():
7       global state
8       x = state
9       x ^= u32(x << 13);
10      x ^= u32(x >> 17);
11      x ^= u32(x << 5);
12      state = x
13      return x
```

- Wird in einer erweiterten Form im v8 JavaScript Engine für `Math.random()` verwendet

Aufgabe 2b - PRNGs in der Praxis

b) Berechnen Sie die nächsten vier ausgegebenen Zufallszahlen für den Seed: 1.

- 270369
- 67634689
- 2647435461
- 307599695

Aufgabe 2c - Sicher oder nicht sicher, das ist hier die Frage!

c) Bewerten Sie nun: Ist dies ein kryptografisch sicherer PRNG (CSPRNG) und wäre somit geeignet für die gerade gennanten Anwendungen? Prüfen Sie hierfür die Anforderungen aus der Vorlesung!

- Vorraussetzungen:
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Nachfolger geben:
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Vorgänger geben:
  - Zahlen müssen statistisch gleichverteilt sein:

Aufgabe 2c - Sicher oder nicht sicher, das ist hier die Frage!

c) Bewerten Sie nun: Ist dies ein kryptografisch sicherer PRNG (CSPRNG) und wäre somit geeignet für die gerade gennanten Anwendungen? Prüfen Sie hierfür die Anforderungen aus der Vorlesung!

- Vorraussetzungen:
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Nachfolger geben:
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Vorgänger geben:
  - Zahlen müssen statistisch gleichverteilt sein:

Aufgabe 2c - Sicher oder nicht sicher, das ist hier die Frage!

c) Bewerten Sie nun: Ist dies ein kryptografisch sicherer PRNG (CSPRNG) und wäre somit geeignet für die gerade gennanten Anwendungen? Prüfen Sie hierfür die Anforderungen aus der Vorlesung!

- Vorraussetzungen:
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Nachfolger geben: ✖
    $\rightarrow$Da der gesamte innere Zustand des PRNGs bekannt ist, kann mit einer bekannten Zahl jede folgende berechnet werden.
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Vorgänger geben:
  - Zahlen müssen statistisch gleichverteilt sein:

Aufgabe 2c - Sicher oder nicht sicher, das ist hier die Frage!

c) Bewerten Sie nun: Ist dies ein kryptografisch sicherer PRNG (CSPRNG) und wäre somit geeignet für die gerade gennanten Anwendungen? Prüfen Sie hierfür die Anforderungen aus der Vorlesung!

- Vorraussetzungen:
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Nachfolger geben: ✖
    $\rightarrow$Da der gesamte innere Zustand des PRNGs bekannt ist, kann mit einer bekannten Zahl jede folgende berechnet werden.
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Vorgänger geben: ✖
    $\rightarrow$Eine niedrige Zahl deutet darauf hin, dass die vorherige Zahl auch niedrig war.
  - Zahlen müssen statistisch gleichverteilt sein:

Aufgabe 2c - Sicher oder nicht sicher, das ist hier die Frage!

c) Bewerten Sie nun: Ist dies ein kryptografisch sicherer PRNG (CSPRNG) und wäre somit geeignet für die gerade gennanten Anwendungen? Prüfen Sie hierfür die Anforderungen aus der Vorlesung!

- Vorraussetzungen:
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Nachfolger geben: ✖
    $\rightarrow$Da der gesamte innere Zustand des PRNGs bekannt ist, kann mit einer bekannten Zahl jede folgende berechnet werden.
  - Zahlen dürfen keine Hinweise auf Vorgänger geben: ✖
    $\rightarrow$Eine niedrige Zahl deutet darauf hin, dass die vorherige Zahl auch niedrig war.
  - Zahlen müssen statistisch gleichverteilt sein: ✔

Aufgabe 2d - Sicher oder nicht sicher, das ist hier die Frage!

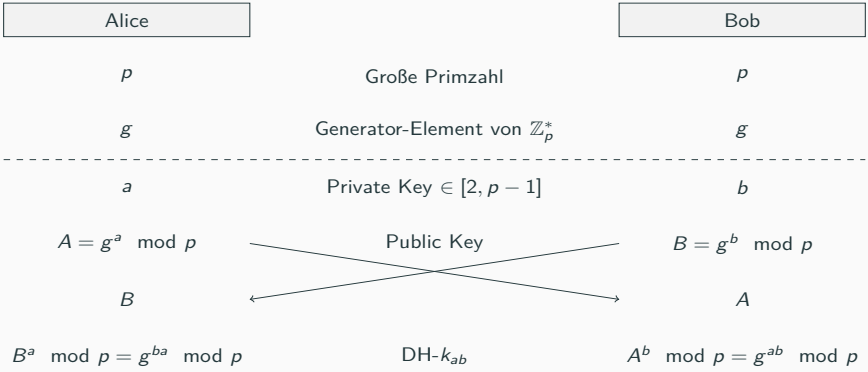
d) Würde es die kryptographische Sicherheit verbessern, wenn nicht x sondern x mod 16777217 ausgegeben wird?

- **Nein!**
- Wenn der interne Zustand **kleiner** als 16777217 ist
  $\rightarrow$Die Ausgabe ist gleich dem internen Zustand!
- Wenn der interne Zustand **größer** als 16777217 ist
  - Der interne Zustande ist gleich der Ausgabe $+x \cdot 16777217$
  - Wenn noch weitere Zahlen bekannt sind, kann man x berechnen!
  - Sobald man x kennt, kann man alle folgenden Zahlen berechnen!

Aufgabe 3

Aufgabe 3 - Diffie-Hellman

- Problem: Austausch eines gemeinsamen Schlüssels über einen unsicheren Kanal
- Lösung: Diffie-Hellman Schlüsselaustausch



Aufgabe 3a - Diffie-Hellman

- Gegeben:
  - Öffentliche Primzahl $p = 89$
  - Generator-Element der zyklischen Gruppe $\mathbb{Z}_{89}^*$: $g = 28$

a) Führen Sie das DH-Verfahren mit ihrem Tischnachbarn durch!

	Alice
Private Key	
Public Key	
DH-Secret	

	Bob
Private Key	
Public Key	
DH-Secret	

Aufgabe 3a - Diffie-Hellman

- Gegeben:
  - Öffentliche Primzahl $p = 89$
  - Generator-Element der zyklischen Gruppe $\mathbb{Z}_{89}^*$: $g = 28$

a) Führen Sie das DH-Verfahren mit ihrem Tischnachbarn durch!

	Alice
Private Key	
Public Key	
DH-Secret	

	Bob
Private Key	
Public Key	
DH-Secret	

Aufgabe 3a - Diffie-Hellman

- Gegeben:
  - Öffentliche Primzahl $p = 89$
  - Generator-Element der zyklischen Gruppe $\mathbb{Z}_{89}^*$: $g = 28$

a) Führen Sie das DH-Verfahren mit ihrem Tischnachbarn durch!

	Alice
Private Key	$a = 15$
Public Key	
DH-Secret	

	Bob
Private Key	$b = 47$
Public Key	
DH-Secret	

Aufgabe 3a - Diffie-Hellman

- Gegeben:
  - Öffentliche Primzahl $p = 89$
  - Generator-Element der zyklischen Gruppe $\mathbb{Z}_{89}^*$: $g = 28$

a) Führen Sie das DH-Verfahren mit ihrem Tischnachbarn durch!

	Alice
Private Key	$a = 15$
Public Key	$A = g^a \bmod p = 28^{15} \bmod 89 = 13$
DH-Secret	
	Bob
Private Key	$b = 47$
Public Key	$B = g^b \bmod p = 28^{47} \bmod 89 = 31$
DH-Secret	

Aufgabe 3a - Diffie-Hellman

- Gegeben:
  - Öffentliche Primzahl $p = 89$
  - Generator-Element der zyklischen Gruppe $\mathbb{Z}_{89}^*$: $g = 28$

a) Führen Sie das DH-Verfahren mit ihrem Tischnachbarn durch!

	Alice
Private Key	$a = 15$
Public Key	$A = g^a \bmod p = 28^{15} \bmod 89 = 13$
DH-Secret	$(g^b)^a \bmod p = B^a \bmod p = 31^15 \bmod 89 = 28$
	Bob
Private Key	$b = 47$
Public Key	$B = g^b \bmod p = 28^{47} \bmod 89 = 31$
DH-Secret	$(g^a)^b \bmod p = A^b \bmod p = 13^{47} \bmod 89 = 28$

Aufgabe 3b - DH-Secret zu AES Schlüssel

b) Nach der Durchführung haben Sie nun ein gemeinsames DH-Secret in Form eines Integers. Wie können Sie daraus einen AES Schlüssel generieren?

- Umwandeln in Byte-Array
- Verwenden als Input für eine Key-Derivation-Function (KDF), z.B. pbkdf2

Aufgabe 3c - Perfect Forward Secrecy

c) Erklären Sie das Konzept von Perfect Forward Secrecy (PFS)!

Aufgabe 3c - Perfect Forward Secrecy

c) Erklären Sie das Konzept von Perfect Forward Secrecy (PFS)!

- Beispiel: Schlüsselaustausch mit RSA
  - Alice sendet Bob ihren öffentlichen Schlüssel
  - Bob verschlüsselt damit den gemeinsamen Schlüssel und sendet ihn an Alice
  - Eve zeichnet alle Nachrichten auf
  - Eve bricht in Alice Computer ein und stiehlt ihren privaten Schlüssel
  - Eve kann nun den gemeinsamen Schlüssel und damit auch alle folgenden Nachrichten entschlüsseln
- PFS ist nur dann erfüllt, wenn Eve nach dem Einbruch in Alice Computer nicht in der Lage ist, alle aufgezeichneten Nachrichten zu entschlüsseln

Aufgabe 3c - Perfect Forward Secrecy

c) Erklären Sie das Konzept von Perfect Forward Secrecy (PFS)!

- Lösung: Schlüsselaustausch mit DH
  - Alice und Bob generieren für jeden Schlüsselaustausch ein neues DH-Secret
  - Nach dem Schlüsselaustausch werden die privaten DH-Parameter verworfen
  - Eve zeichnet alle Nachrichten auf
  - Eve bricht in Alice Computer ein und stiehlt ihr akruelles DH-Secret
  - Eve kann mit dem gestohlenen DH-Secret nur die aktuelle Nachricht entschlüsseln
- Alle älteren und zukünftigen Nachrichten bleiben geheim!
  $\rightarrow$ PFS ist erfüllt!

Aufgabe 3d - Perfect Forward Secrecy

d) Unter welchen Vorraussetzungen bietet der DH-Schlüsselaustausch PFS?

- Alice und Bob müssen für jeden Schlüsselaustausch ein neues DH-Secret generieren
- Die privaten DH-Parameter müssen nach dem Schlüsselaustausch verworfen werden