Криптография

Лекция 4. Цифровые подписи.

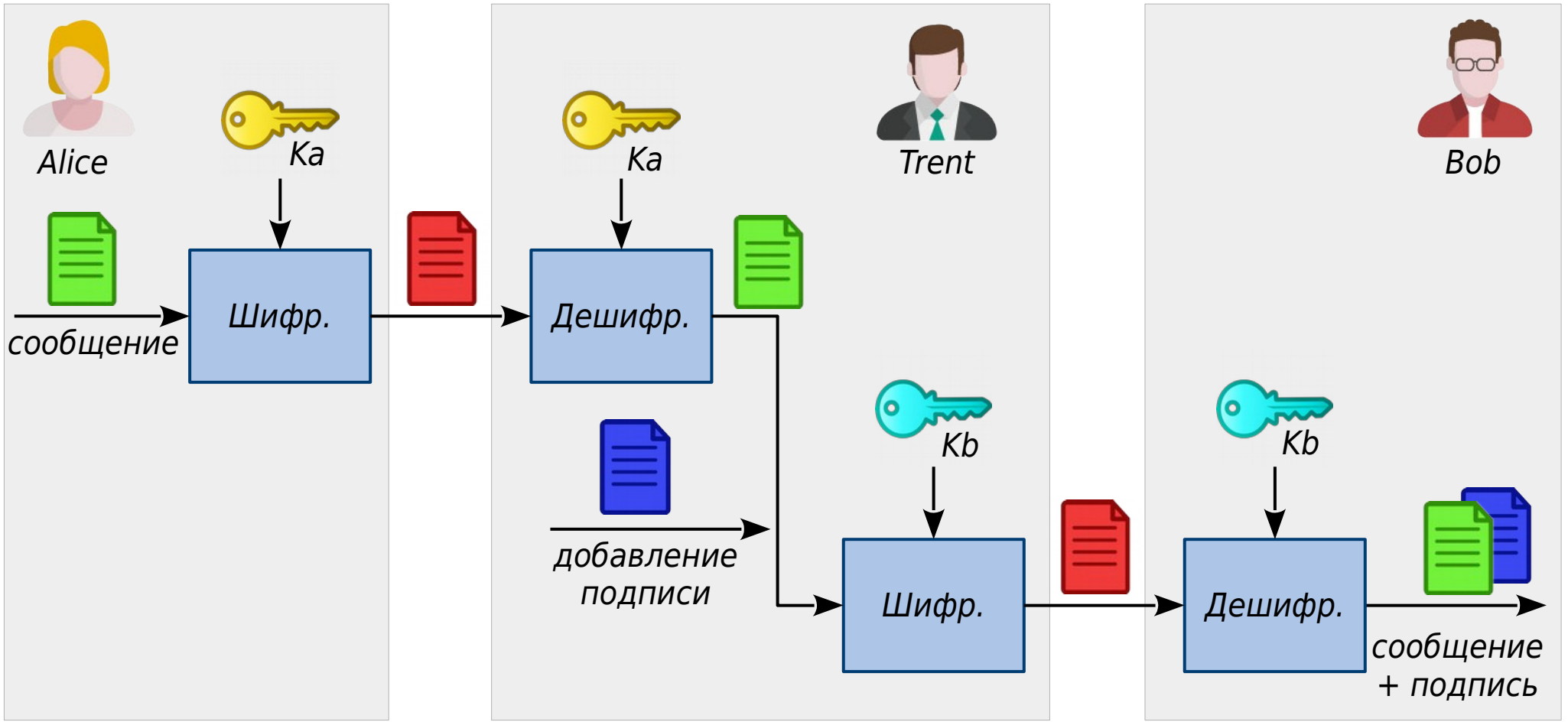
Дмитрий Яхонтов

“Кочерга”, 2018

Требования к цифровой подписи

- Подпись удостоверяет автора сообщения
  именно автор подписи, и никто иной,
  сознательно подписал документ
- Подписанный документ нельзя изменить
  любое изменение документа приводит к тому,
  что подпись становится недействительной
- Подпись нельзя использовать повторно
  она является частью документа, перенести
  подпись на другой документ невозможно
- От подписи невозможно отречься
  автор не может сформировать отказ от своей подписи
  или утверждать, что подпись создана не им.

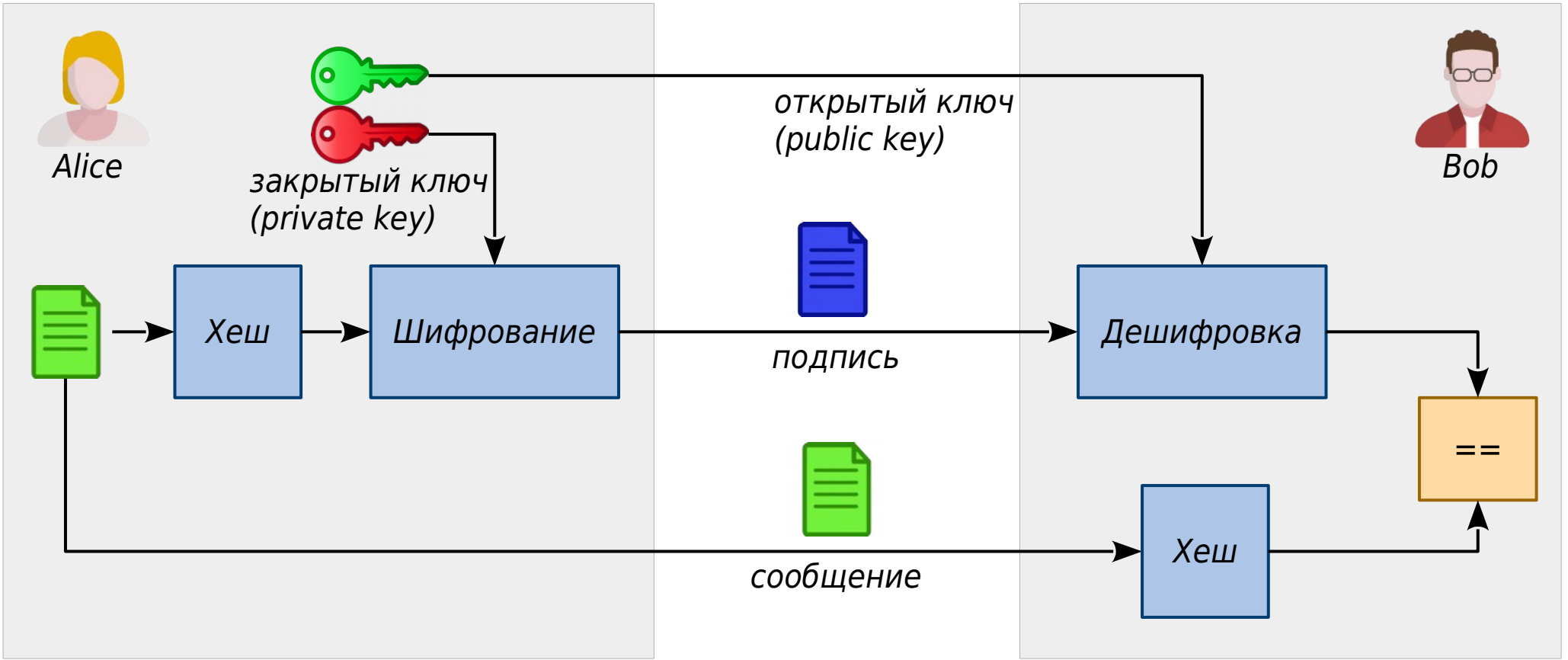
Симметричная схема (с посредником)



Недостатки симметричной схемы

- Нужны защищенные каналы для обмена закрытими ключами между Трентом и каждым из остальных участников
- Если Боб получил от Алисы подписанное сообщение, он может продемонстрировать подпись кому-то еще только через Трента
- Трент должен хранить базу сообщений, либо пересылать Бобу копию шифрованного сообщения Алисы
- Самое главное:
  необходим Трент — сторона, которой все доверяют

Асимметричная схема



Алгоритм DSA
(Digital Signature Algorithm)

Alice

Bob

открытые простые **p, q** ⟶ **p, q**

открытое **g** = $h^{(p-1)/q} \bmod p$ ⟶ **g**

закрытый ключ: **X** < q

открытый ключ: **Y** = $g^x \bmod p$ ⟶ **Y**

сообщение ⟶ *хеш* **H**

сообщение ⟶ *хеш* **H**

секретное случайное **K** < q

проверка подписи:

подпись:

R = $(g^K \bmod p) \bmod q$ ⟶ **U1** = $(H * S^{-1}) \bmod q$

U2 = $(R * S^{-1}) \bmod q$

S = $(K^{-1} (H + X*R)) \bmod q$ ⟶ **V** = $((g^{U1} * y^{U2}) \bmod p) \bmod q$

если **V** = **R**, *то подпись верна*

название системы	год	вычислительная задача	примечание
RSA (Rivest-Shamir-Adleman)	1977	разложение на простые множители	
ESIGN (Efficient digital SIGNature)	1985	разложение на простые множители	быстрее, чем RSA
Эль-Гамаля (Elgamal)	1985	дискретный логарифм	
Шнорра (Schnorr)	1989	дискретный логарифм	модификация схемы Эль-Гамаля
DSA (Digital Signature Algorithm)	1991	дискретный логарифм	
ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm)	1999	дискретный логарифм на эллиптич. кривых	
ГОСТ Р 34.10-2012	2012	дискретный логарифм на эллиптич. кривых	

Подсознательный канал
(на примере DSA)

- Алиса и Боб выбирают
  Z — закрытый ключ для подсознательного канала
- Алиса подписывает сообщение. Она выбирает случайное число **K** так, чтобы:
  - для передачи 1:
    параметр подписи **R** был квадратичным вычетом по модулю **Z**
    (существует **n** такое, что $R = n^2 \bmod Z$)
  - для передачи 0:
    R не был квадратичным вычетом по модулю **Z**
- Боб проверяет подпись, а затем восстанавливает переданный бит из параметра **R**, зная **Z**
- Передать несколько бит можно, используя сразу несколько модулей **Z**

Уничтожение подсознательного канала

- Число **K** должно генерироваться совместно обеими сторонами
- Алиса не должна контролировать ни один бит числа K
- Боб не должен узнать ни один бит числа K
- Боб должен иметь возможность проверить, что для подписи использовалось именно сгенерированное K

Alice

выбирает **k1**

u = g^{k1} mod p ⟶ **u**

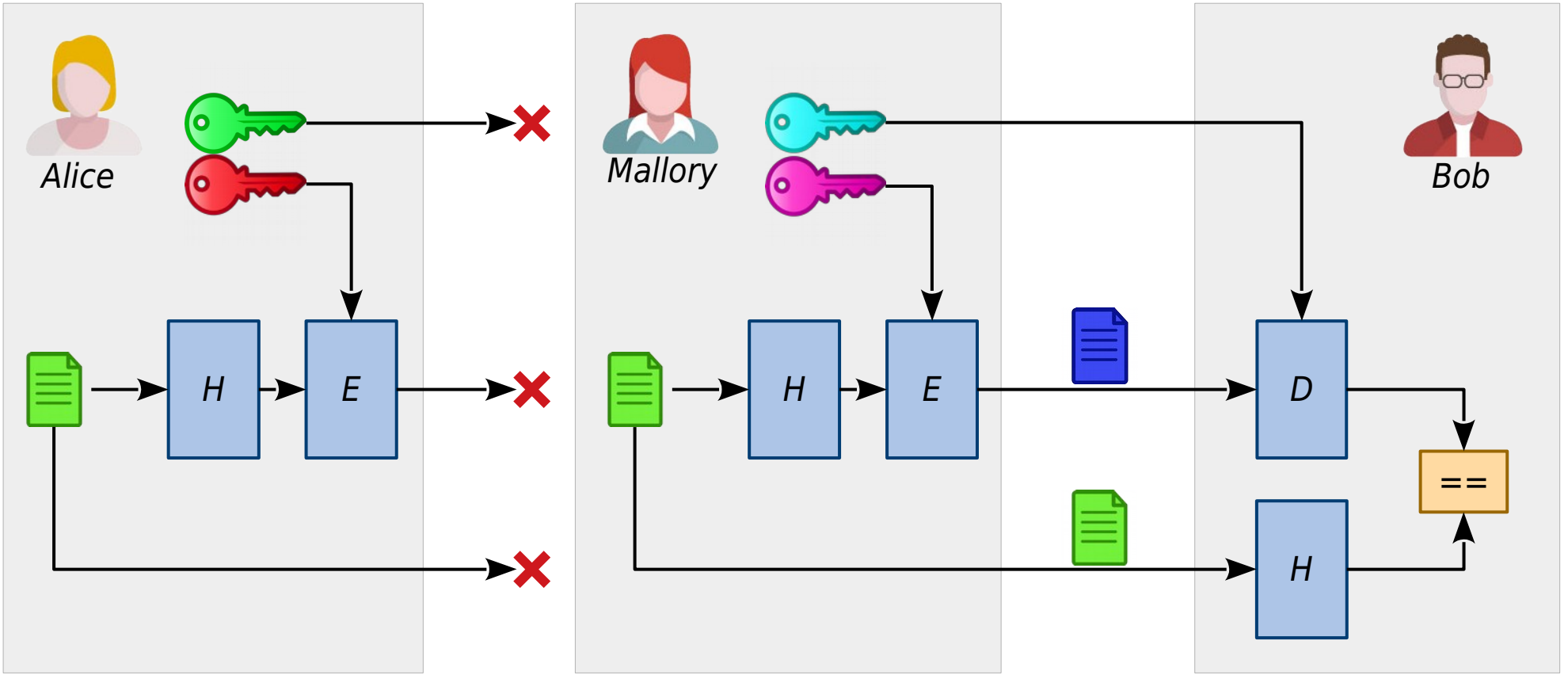
k2 ⟵ *выбирает* **k2**

K = k1*k2 mod (p-1)

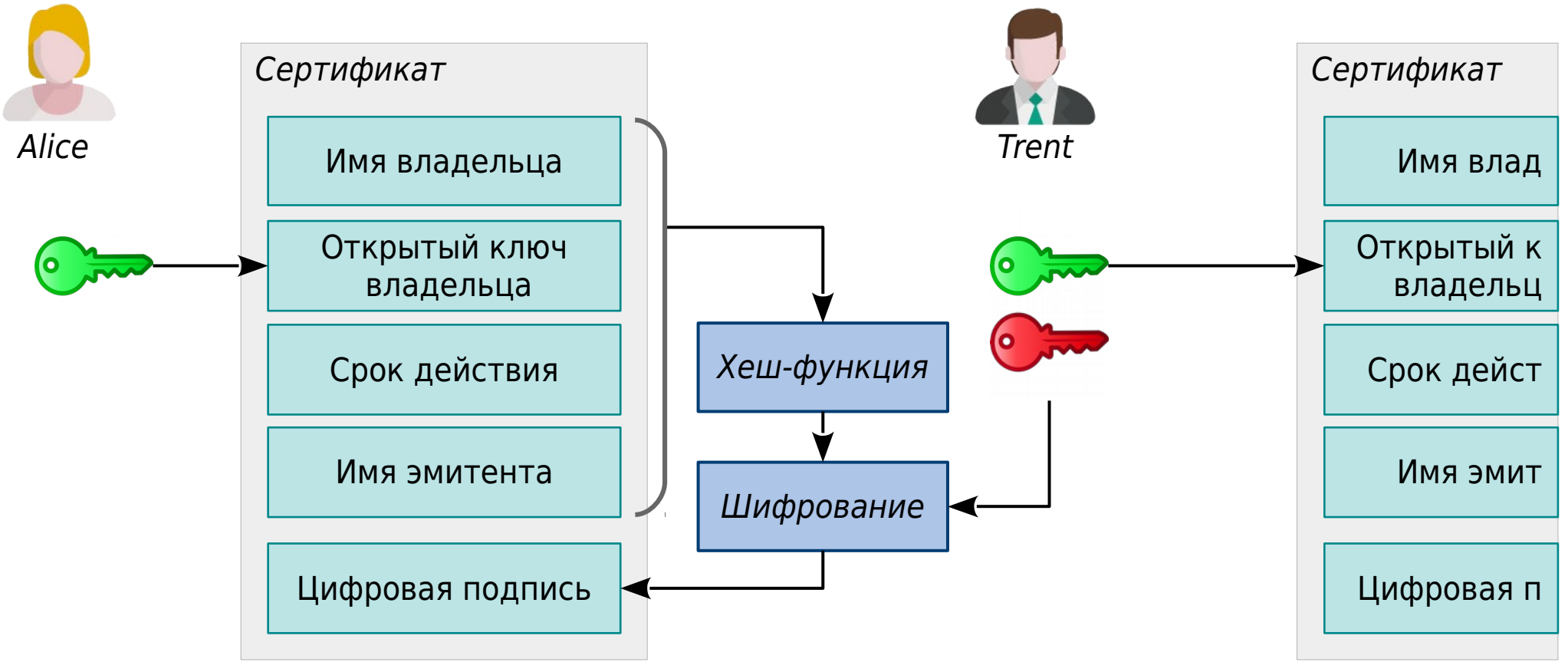
проверяет, что **u mod q = R**

Bob

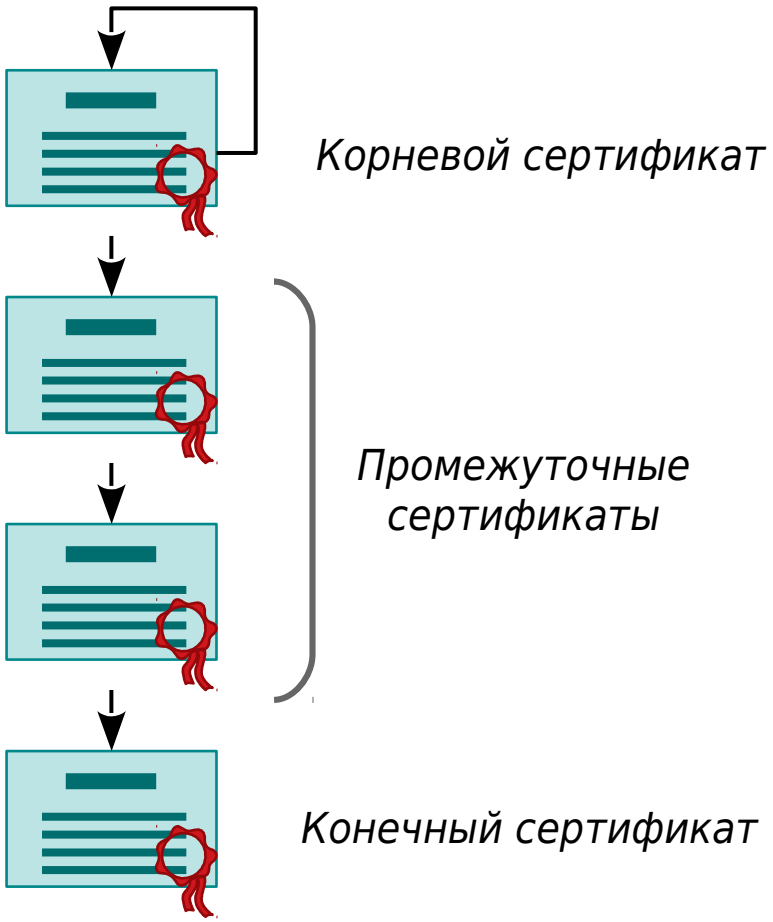
Атака “человек посередине”
(Man-in-the-Middle, MitM)



Сертификат открытого ключа



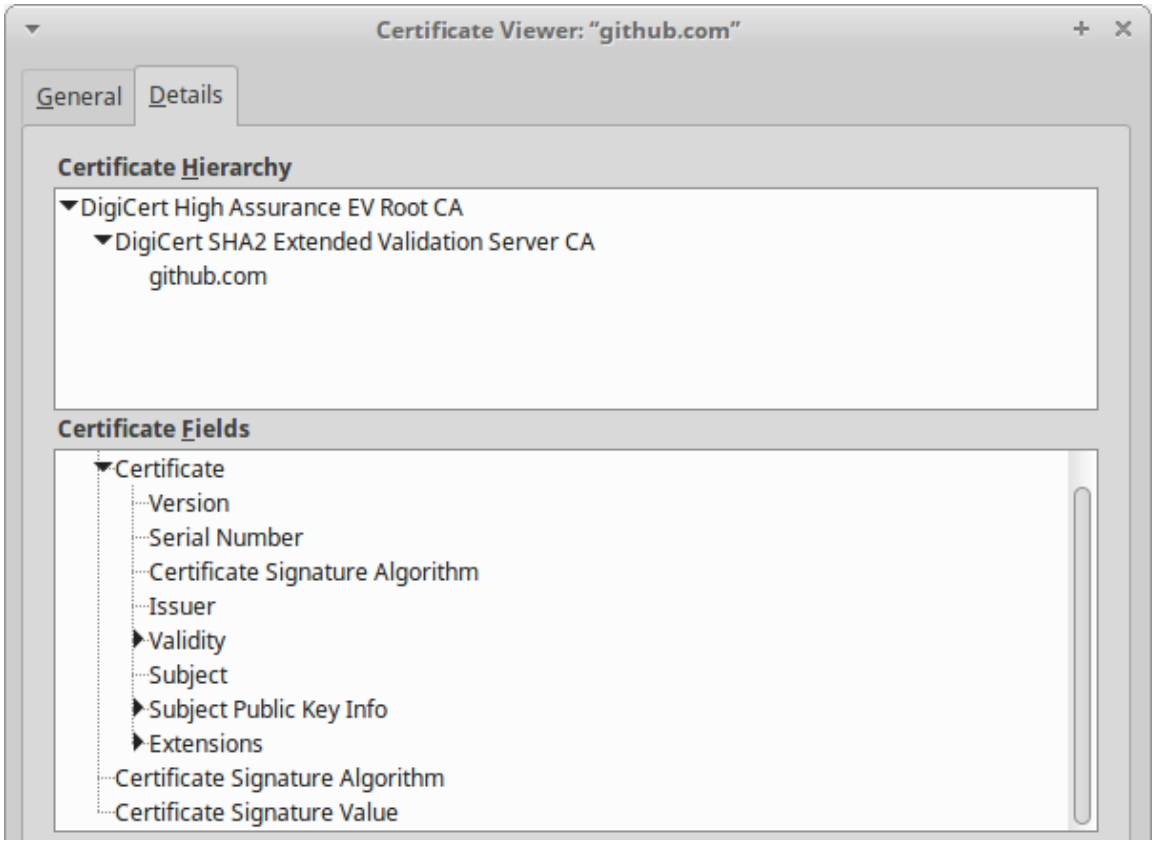
Цепочка доверия



Корневой сертификат

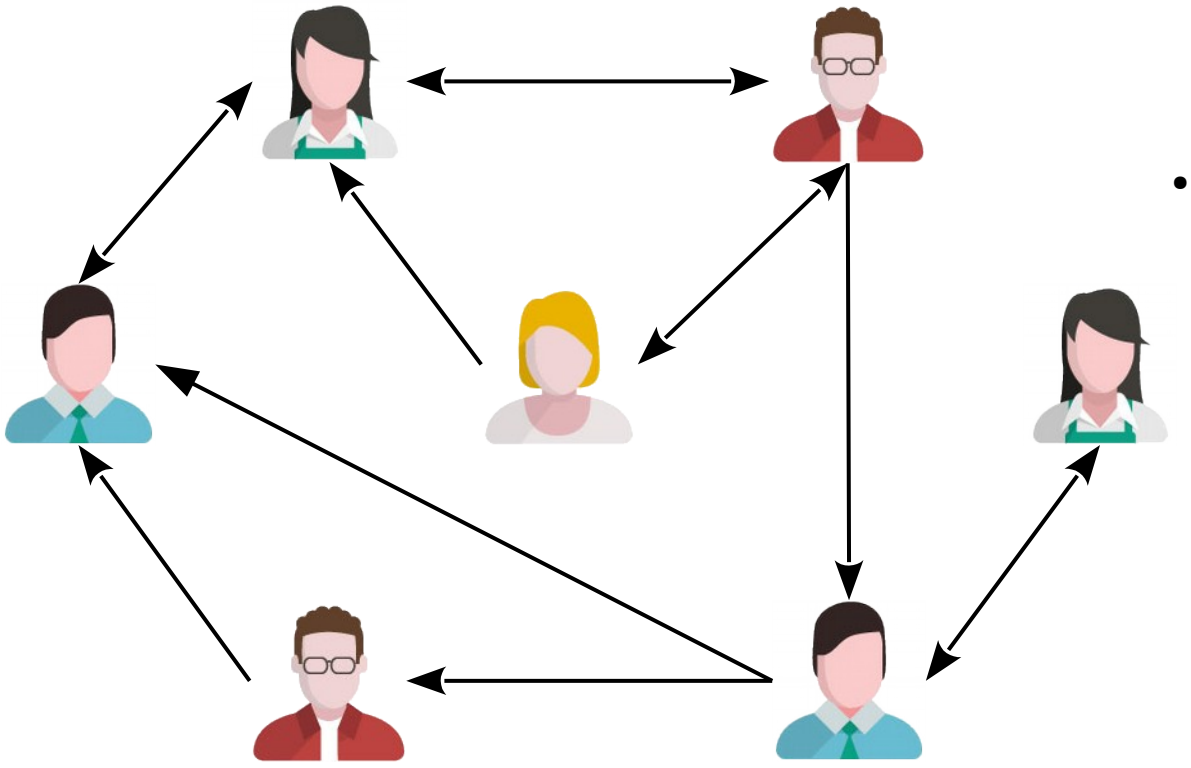
Промежуточные сертификаты

Конечный сертификат



Пример: цепочка сертификатов в протоколе TLS

Сеть доверия
(Web of Trust, WoT)



- Принадлежность открытого ключа участнику сети удостоверяют другие участники
- Возможны различные уровни доверия:
  1. *“Я его знаю”*
  2. *“Я знаю того, кто его знает”*
  3. *“Я знаю того, кто знает того, кто его знает”* и так далее.

WOT® WEB OF TRUST — *это не оно :)*

Задача*

Трент поручил Бобу разработать интерактивный телефонный справочник. Боб написал программу, которая на запрос *{имя}* отвечает парой *{имя, номер_телефона}*, сопровождаемой *подписью* Трента. Подпись доказывает, что абонент с определенным именем действительно имеет определенный номер телефона.

Помогите Бобу модернизировать программу так, чтобы она дополнительно возвращала доказательство отсутствия в справочнике абонента с определенным именем. Доказательство должно представлять собой структуру данных, подписанную Трентом.

Трент опасается передавать Бобу личный ключ подписи, поэтому все доказательства должны быть созданы Трентом заранее, в момент формирования справочника.

Ссылки

- Обратная связь:
  - android.ruberoid@gmail.com
  - lesswrongru.slack.com @android_ruberoid
- Анонсы:
  - facebook.com/kocherga.club
  - vk.com/kocherga_club
  - vk.com/kocherga_prog
- Материалы лекций:
  - github.com/notOcelot/Kocherga_crypto
- Видео:
  - youtube.com/channel/UCeLSDFOndl4eKFutg3oowHg