Лекция 15: Основы сетевой безопасности

Юрий Литвинов
yurii.litvinov@gmail.com

16.05.2022

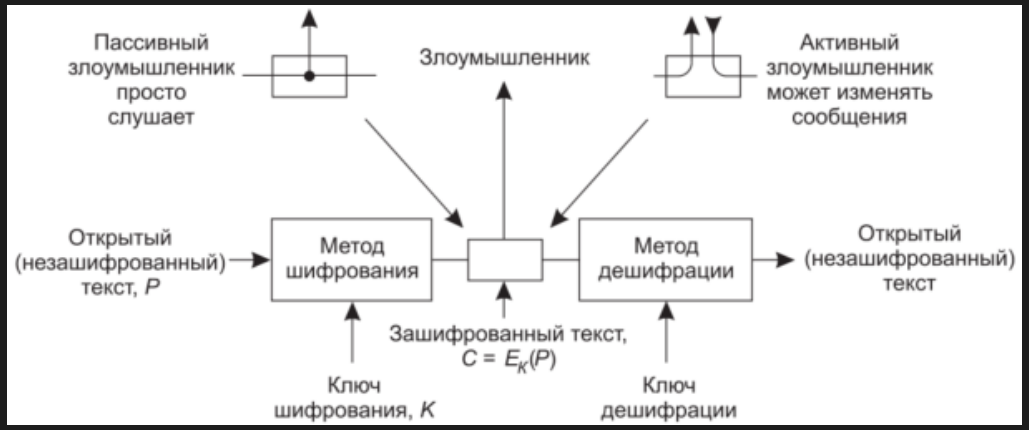
Сетевая безопасность

- Почти все сервисы требуют авторизации и обеспечения безопасности
- Аутентификация — установление личности (точнее, идентичности) участника взаимодействия
  - Обычно взаимна
- Авторизация — установление прав на выполнение операции
- Шифрование — обеспечение конфиденциальности передаваемой информации
- Также важны:
  - Целостность — злоумышленник ничего не поменял
  - Актуальность — злоумышленник не проиграл старое сообщение

Некоторые соображения

- Основные уязвимости в современных системах не технические по характеру
- Большинство попыток взлома — изнутри организации
- Сетевая безопасность — игра против живого, умного и часто хорошо оснащённого противника
  - Задача средств безопасности — не сделать взлом невозможным, а сделать его нерентабельным
- За протоколами безопасности стоит большая наука
  - Придумать свой хитрый шифр или протокол аутентификации в общем случае очень плохая идея
- tradeoff между безопасностью и удобством использования

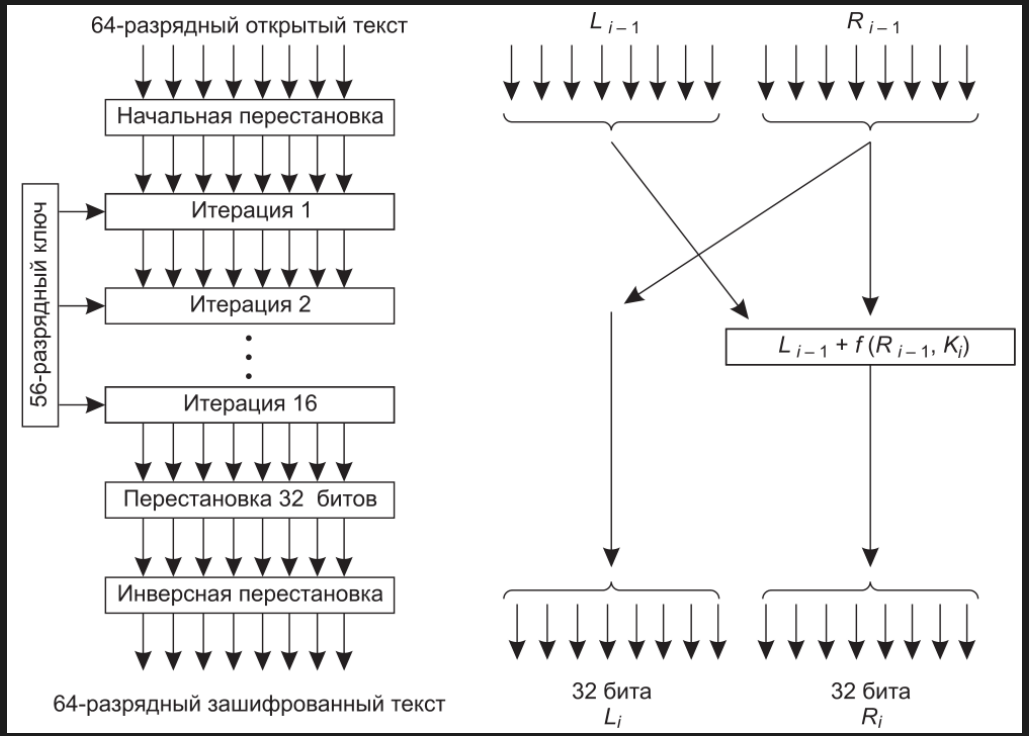
Шифрование



- Алгоритм шифрования считается известным, секретен только ключ
- Усложнение алгоритма шифрования не всегда повышает криптостойкость

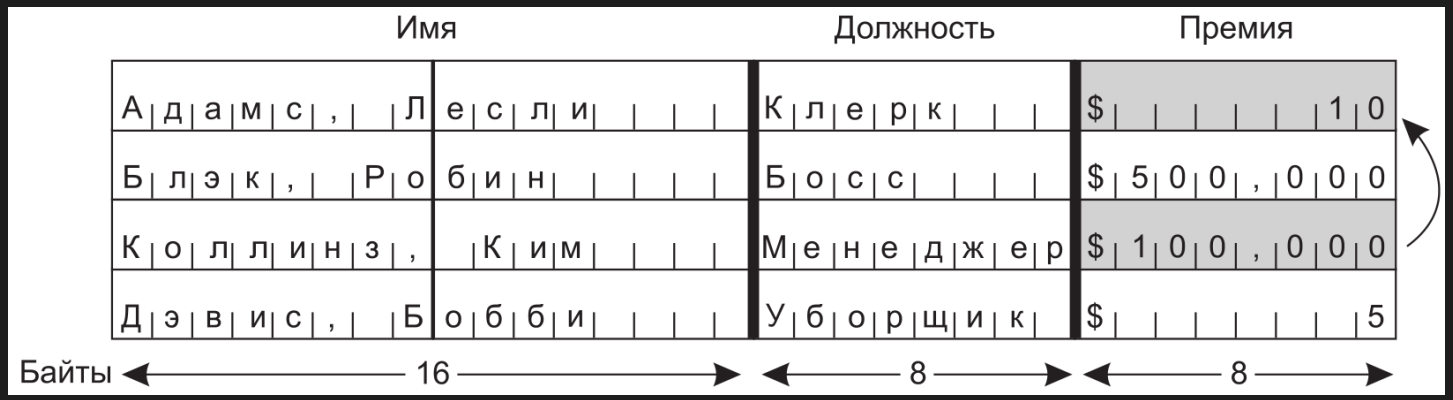
Шифрование с симметричным ключом

- Data Encryption Standard (DES, Triple DES)
- Advanced Encryption Standard (AES, он же Rijndael)



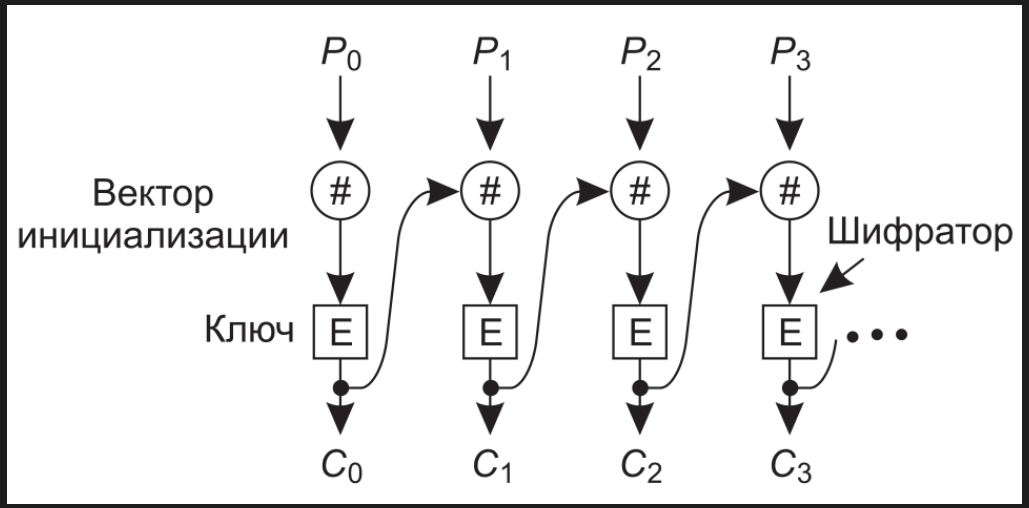
Режимы шифрования, ECB

- Electronic Code Book — один ключ применяется ко всем блокам
  - Быстро, надёжно, но не криптостойко



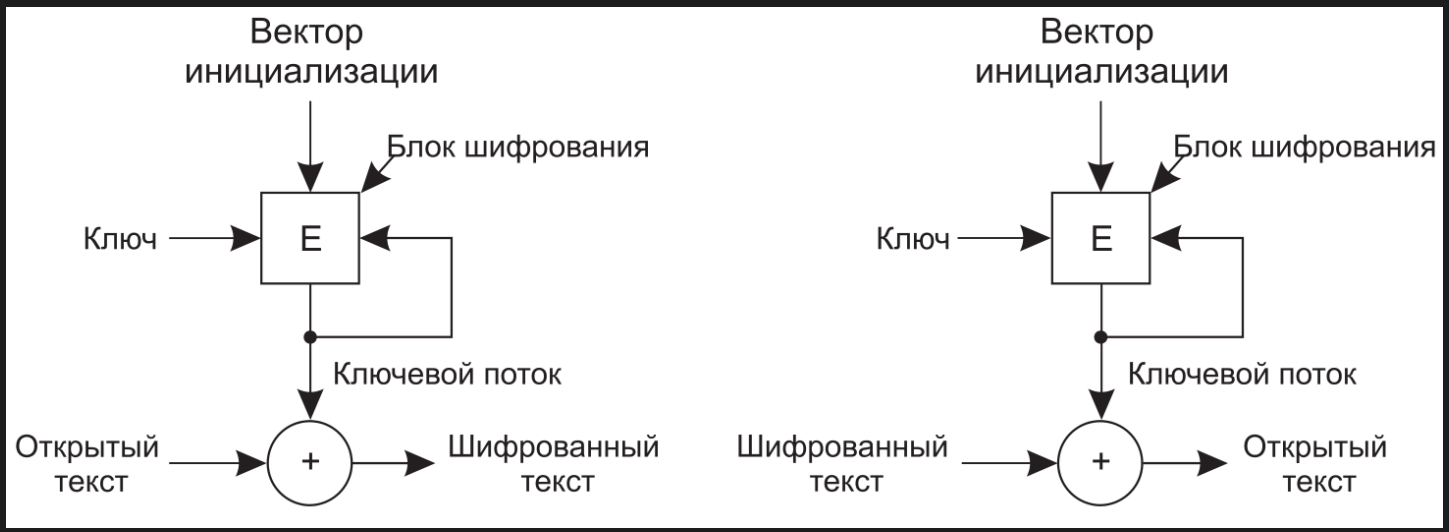
Режимы шифрования, CBC

- Cipher Block Chaining — xor-им следующий блок с зашифрованным предыдущим перед шифровкой
  - Более криптостоек, не устойчив к ошибкам передачи
  - Initialization Vector (IV)



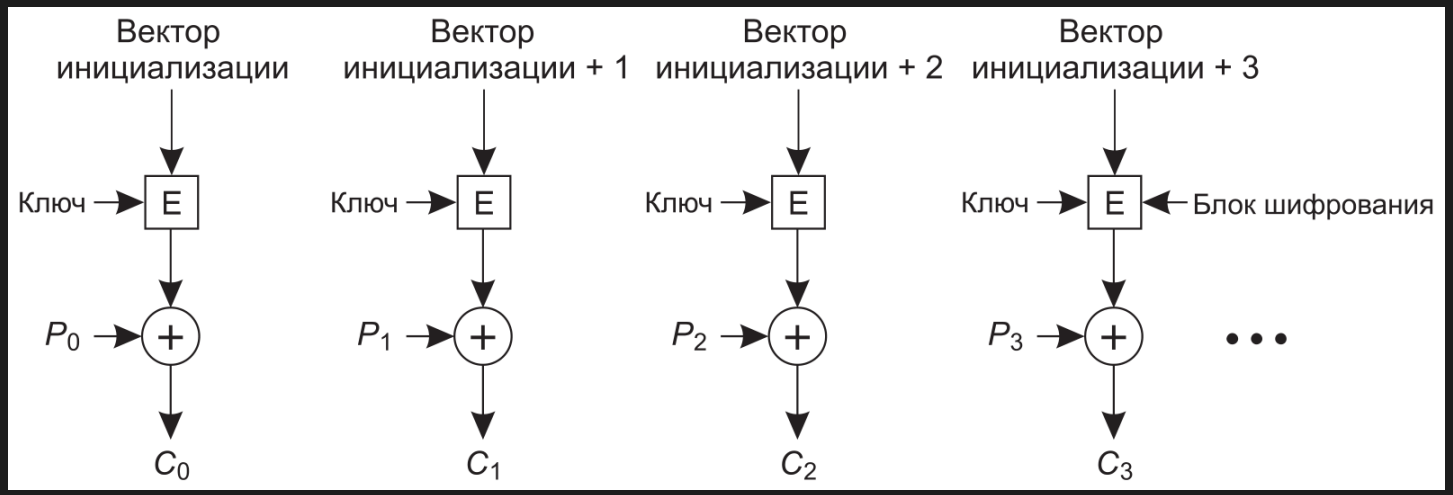
Режимы шифрования, SCM

- Stream Cipher Mode — шифруем IV ключом снова и снова, генерируя ключ бесконечной длины
  - И xor-им его с шифруемым текстом
  - Устойчив к ошибкам передачи, довольно быстр
  - Уязвим к Keystream Reuse Attack $((P_0 \oplus K_0) \oplus (Q_0 \oplus K_0))$

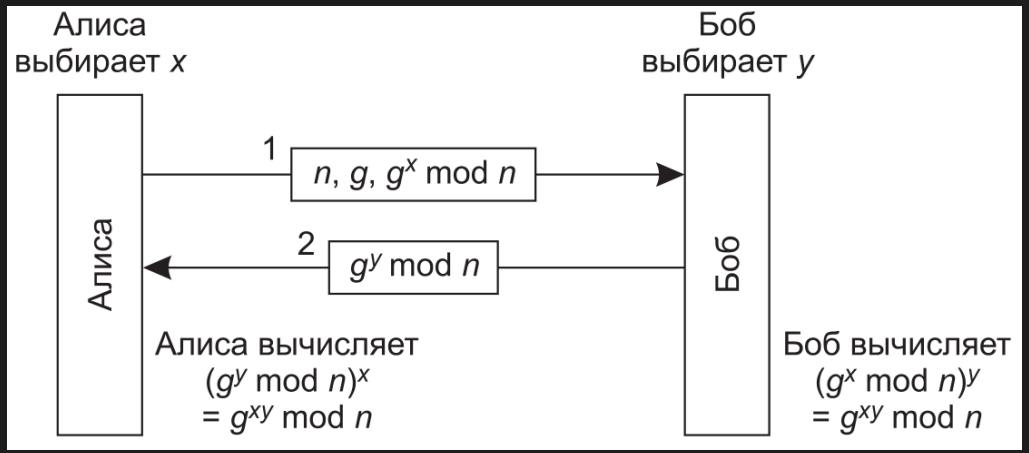


Режимы шифрования, Counter Mode

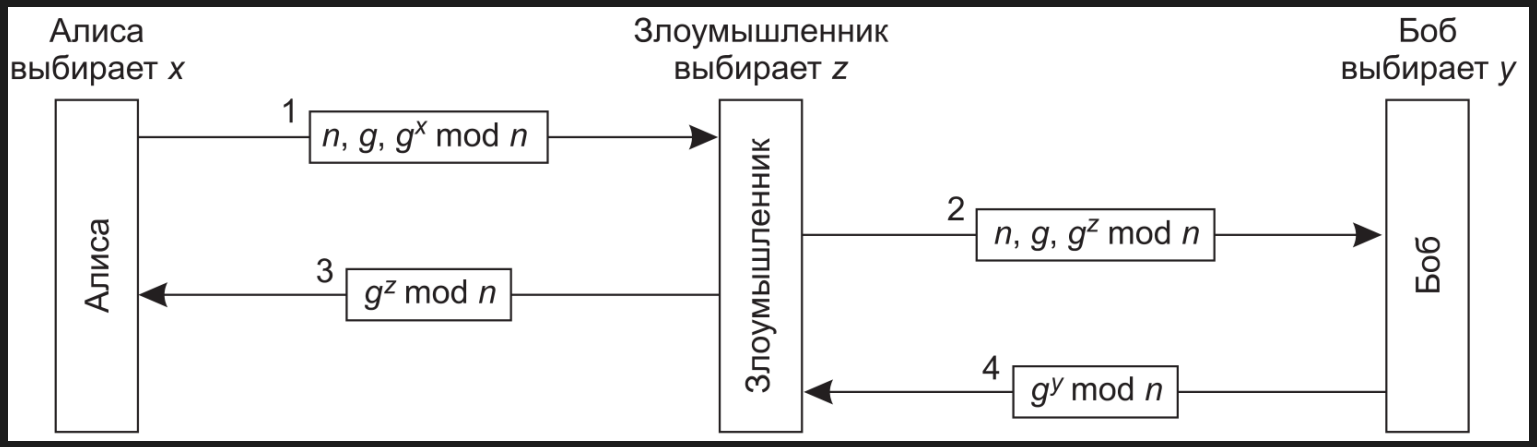
- Counter Mode — шифруем $IV + i$ для каждого i-го блока
  - И xor-им его с шифруемым текстом
  - Для произвольного доступа к зашифрованным блокам



Алгоритм Диффи-Хеллмана



Атака “Man In The Middle”



Шифрование с открытым ключом

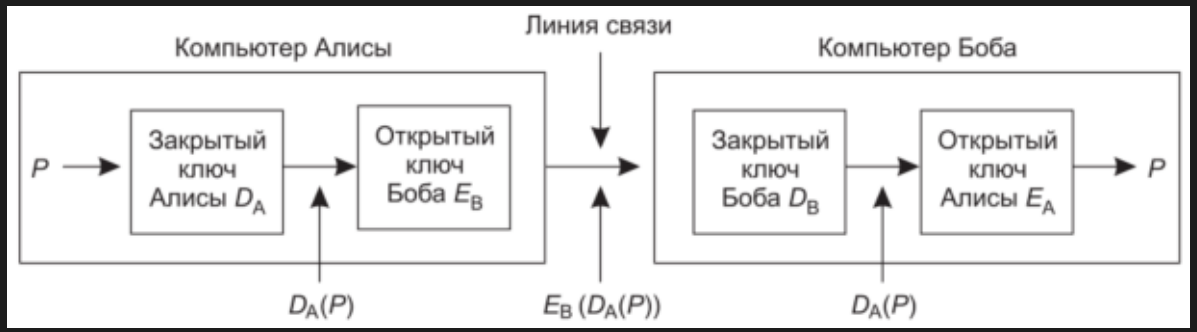
Или почему нельзя отдать ключи от Telegram

- Алгоритм делится на две части, D и E, так, что D(E(P)) = P
- D очень сложно получить по E
  - Например, найти простые сомножители огромного числа или дискретный логарифм по заданному модулю
- E не ломается атакой “произвольного открытого текста”
- D (ключ от D) держится в секрете, E выкладывается в открытый доступ
- Если Боб хочет послать Алисе сообщение, он берёт её открытый ключ E_A, шифрует им сообщение P и отправляет Алисе
- Алиса дешифрует сообщение, вычисляя $D_A(E_A(P))$
- У каждого пользователя своя пара ключей
- Алгоритмы: RSA, ElGamal, эллиптические шифры

Цифровые подписи, задачи

- Получатель может установить личность отправителя
- Отправитель не может отрицать, что он подписал сообщение
- Получатель не может сам подделать сообщение и сделать вид, что его послал отправитель

Цифровые подписи, реализация

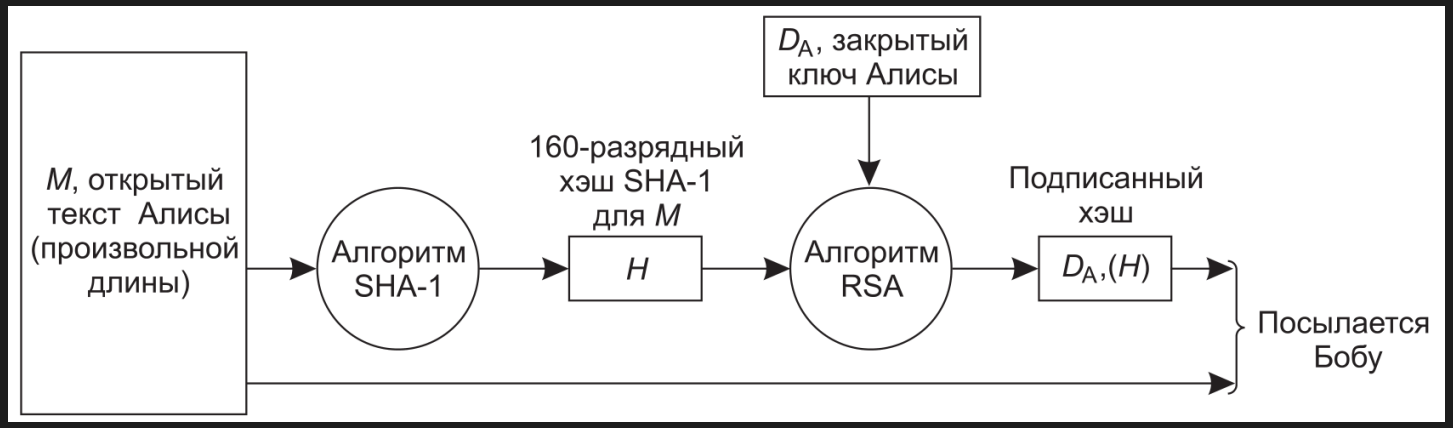


© Э. Таненбаум

- Надо, чтобы $D(E(P)) = P$ (это так для большинства криптосхем)
- Шифровать всё сообщение слишком медленно
- Message Digest-ы — хорошие хеши сообщений
  - MD5, SHA-1
- Подписывается только хеш, это почти так же криптостойко, но в сотни раз быстрее

SHA-1

- Считается блоками по 512 бит, возвращает 160-битный дайджест
- Изменение в одном бите входа даёт совершенно другой выход
- Если известен P, очень сложно найти такой P', что $MD(P') = MD(P)$



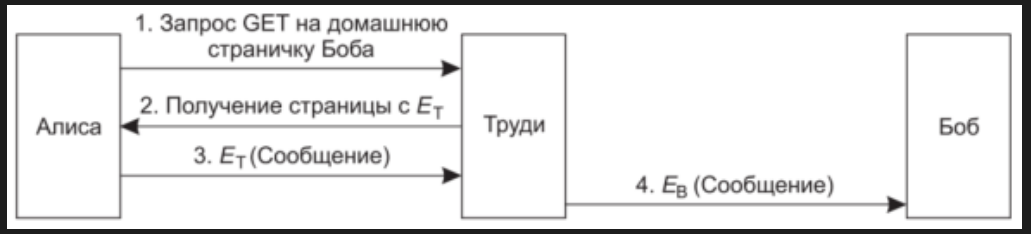
Атака дней рождения

Уважаемый господин декан,

Это [письмо | обращение] отражает мое [искреннее | откровенное] [мнение | суждение] о проф. Томе Уилсоне, являющемся [кандидатом | претендентом] на профессорскую должность в [настоящее время | этом году]. Я [знакома | работала] с проф. Уилсоном в течение [почти | около] шести лет. Он является [слабым | недостаточно талантливым] [исследователем | ученым], почти не известным в той области науки, которой он занимается. В его работах практически не заметно понимания [ключевых | главных] [проблем | вопросов] современности.

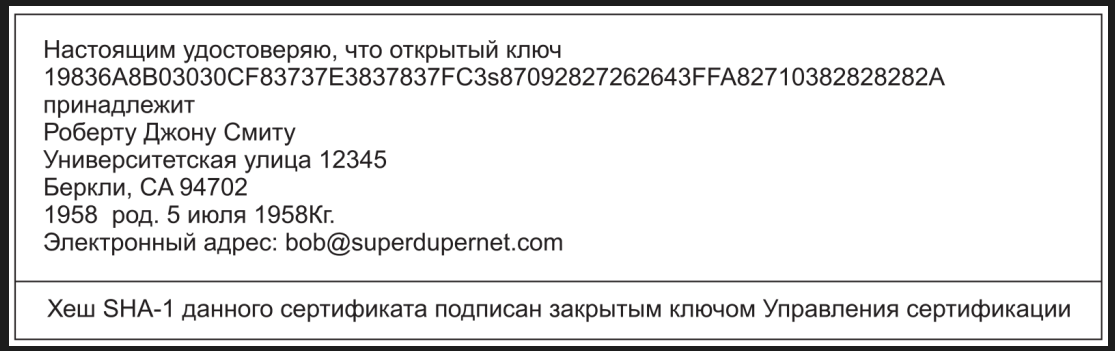
[Более | Кроме] того, он также не является сколько-нибудь [уважаемым | ценимым] [преподавателем | педагогом]. Его студенты дают его [занятиям | лекциям] [самые низкие | негативные] оценки. Он самый непопулярный [преподаватель | учитель] нашей кафедры, [славящийся | печально известный] своей [привычкой | склонностью] [высмеивать | ставить в неудобное положение] студентов, осмелившихся задавать вопросы на его [лекциях | занятиях].

Сертификаты



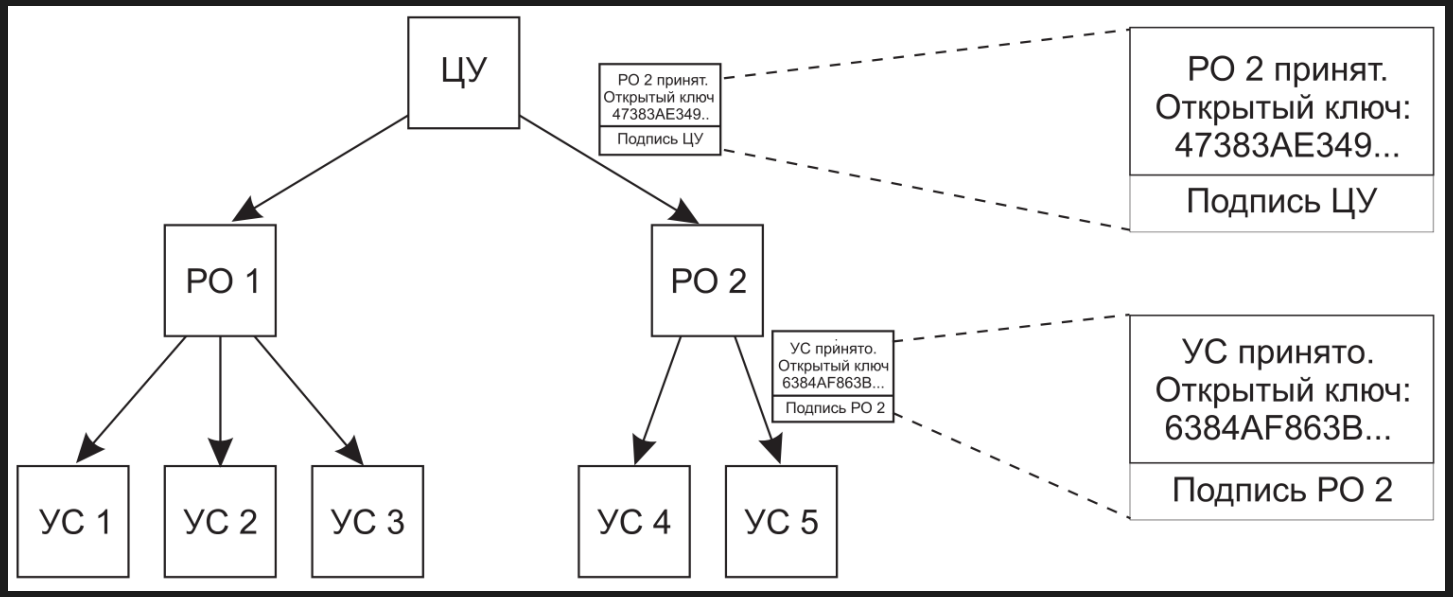
- Сертификат — сообщение, подтверждающее идентичность ключа, подписанное Certificate Authority (стандарт X.509)
- Цепочка сертификатов — CA верхнего уровня подписывает сертификаты CA уровнем ниже, чтобы они могли подписывать сертификаты пользователей
- Корневые сертификаты — сертификаты, которым принято доверять
- Самоподписанные сертификаты — не доверенные, используются для отладки

Сертификаты (2)



- Подписанный у CA сертификат стоит денег (от $7 до более $200 в год, в зависимости от типа)
  - И требует идентификации личности (например, по паспорту)
  - Есть бесплатно и без бюрократии, но ими далеко не всё можно подписать
- Сертификаты всегда выдаются на фиксированное время
- Сертификат можно отозвать
- Куча несовместимых форматов: .pem, .p12, .pfx, .der, .cer, .crt

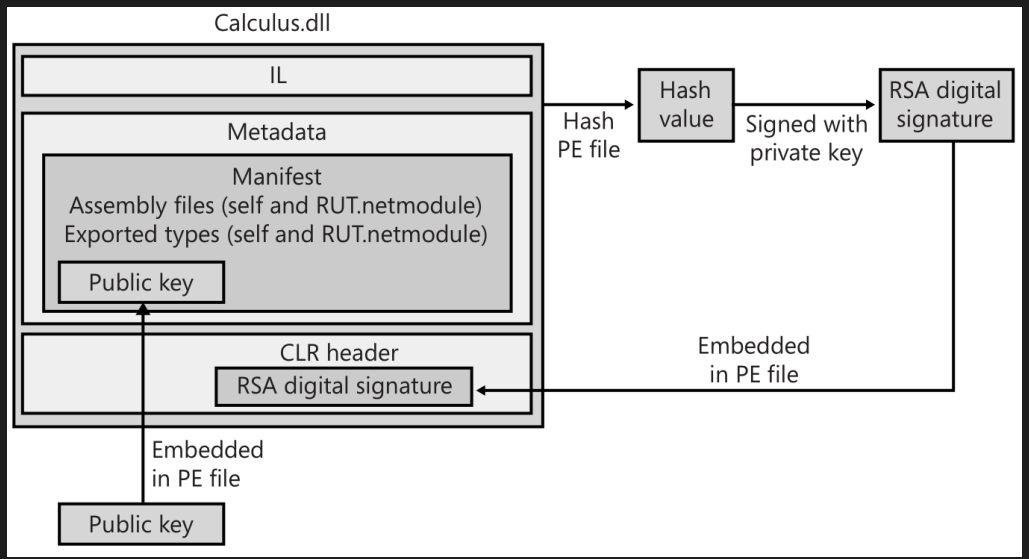
Certificate Authority



- https://letsencrypt.org/ — автоматически и бесплатно даёт сертификаты, но они подтверждают только владение доменом, а не личность хозяина

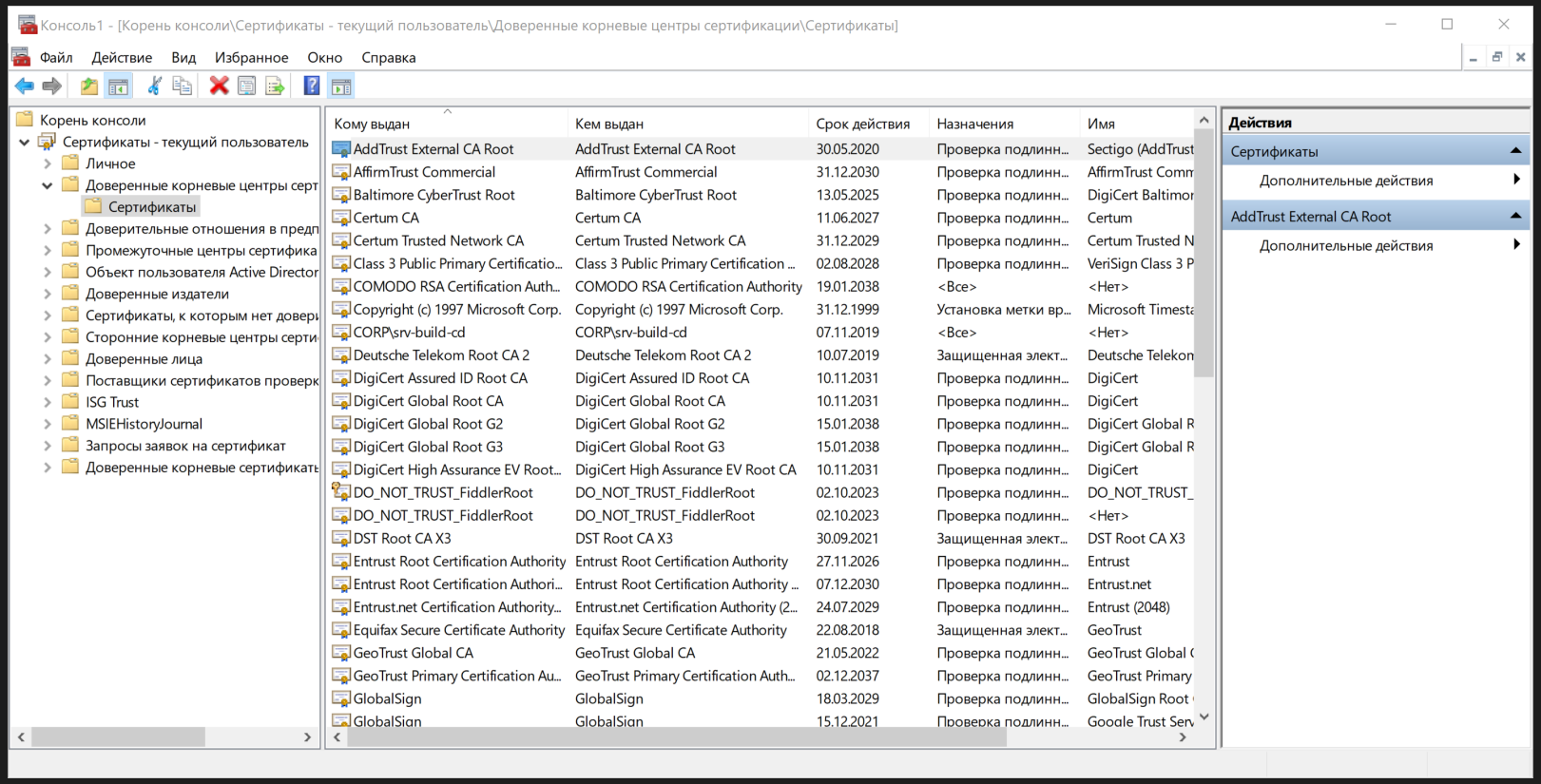
Применения сертификатов

- Протокол HTTPS, проверка идентичности сервера
- Подписывание кода (Windows SmartScreen, Apple Code Signing)
- Подписывание сборок, сильные имена сборок в .NET



Менеджер сертификатов, Windows

Snap-In в MMC

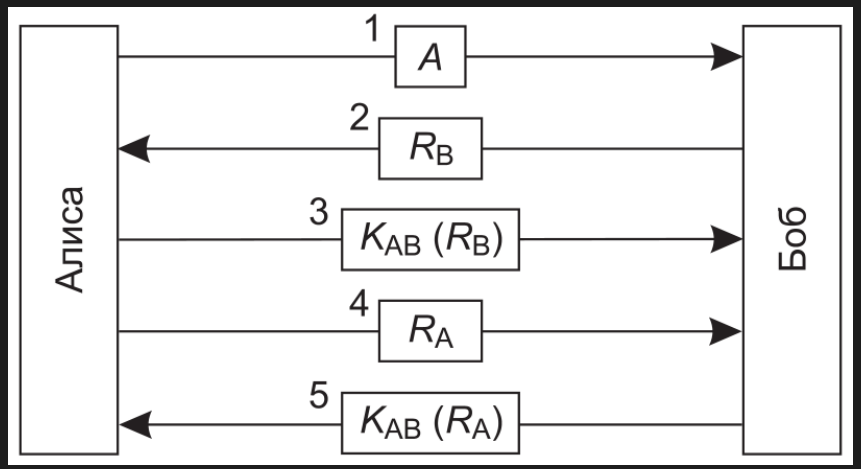


OpenSSL

- OpenSSL — библиотека и набор инструментов для криптографии и работы с протоколами SSL/TLS
- Стандарт де-факто для работы с открытыми ключами, сертификатами и т.д.
- Как сгенерить самоподписанный сертификат:

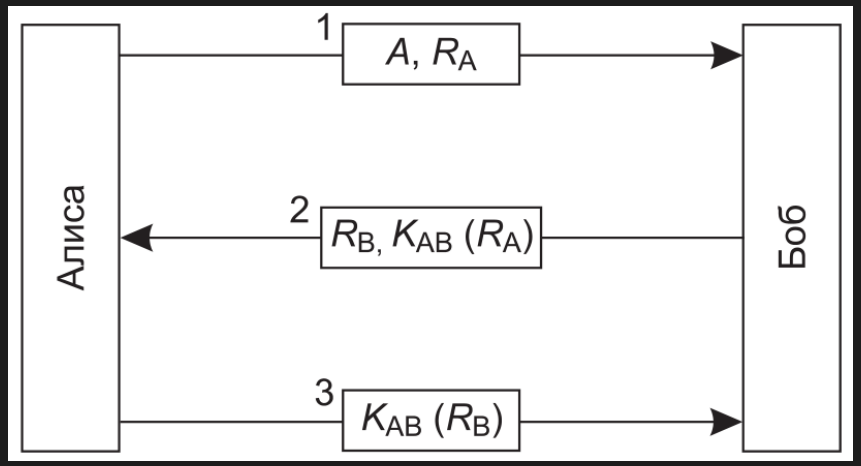
  openssl req -x509 -nodes -days 365
  -newkey rsa:2048 -keyout privatekey.key
  -out certificate.crt

Аутентификация Challenge-Response с общим ключом

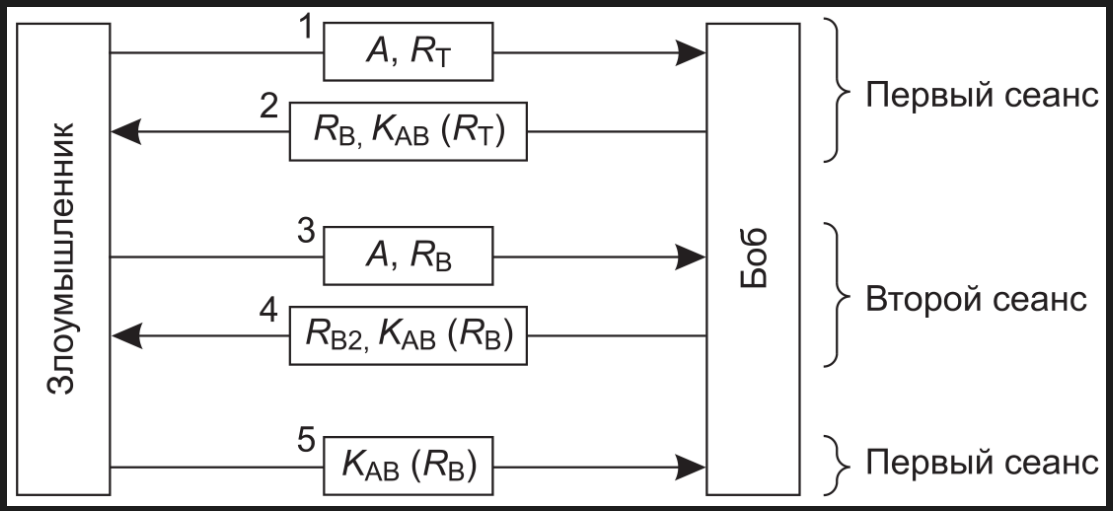


- R_B — **nonce** (number used once), для предотвращения атаки повтором
- K_{AB} — общий ключ

“Упрощённый” протокол

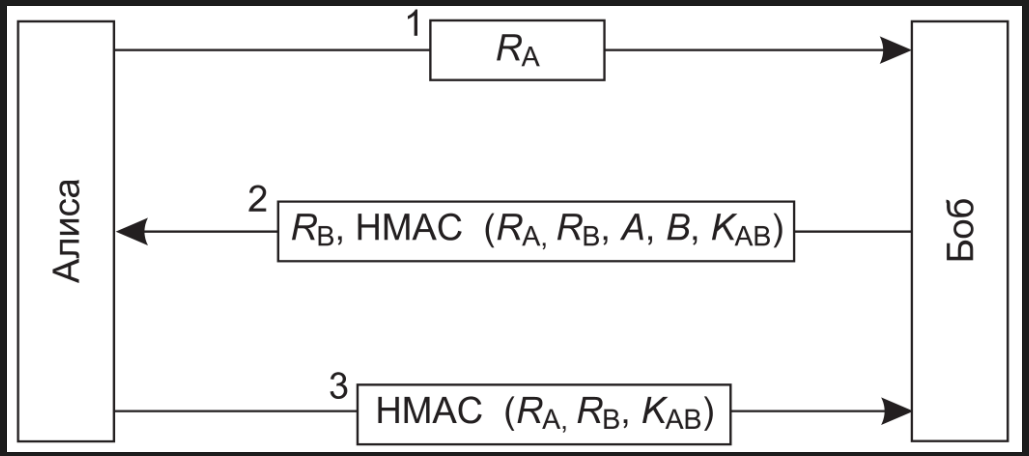


Зеркальная атака



Разработать корректный протокол аутентификации сложнее, чем это может показаться

Правильный протокол

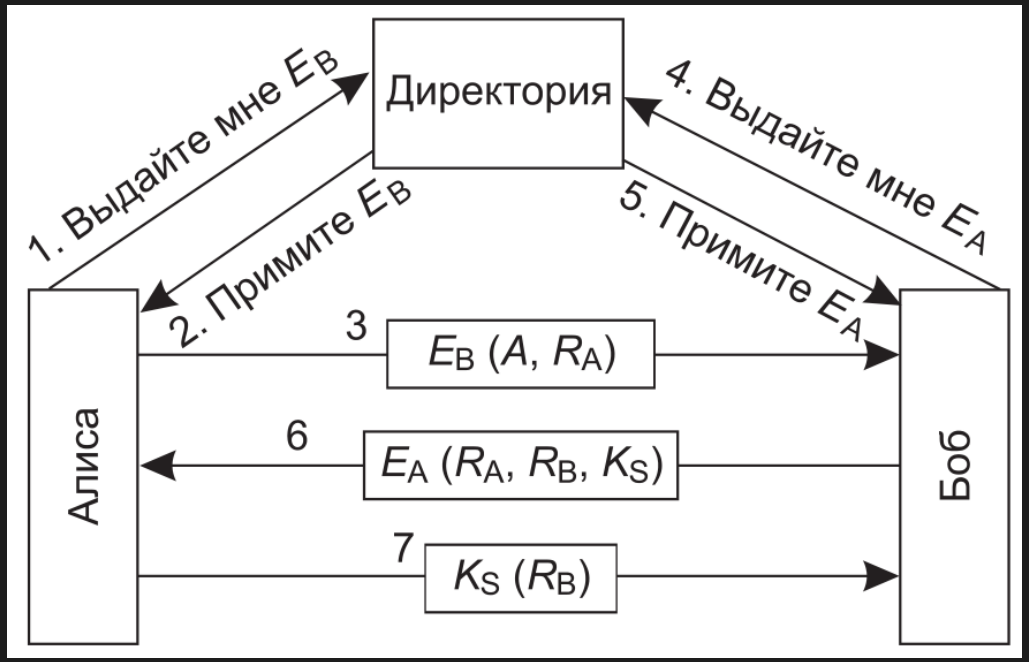


- HMAC — Hashed Message Authentication Code

Как на самом деле

- Basic Authentication — логин и пароль передаются нешифрованными в заголовке HTTP-запроса
- HTTPS обеспечивает безопасность
- Сервер возвращает Access Token
- Access Token предъявляется при каждом следующем запросе
  - Имеет ограниченное время жизни, но его можно продлять
- Пароли не хранятся на сервере, хранятся их хеши
  - Salt — случайное число, дописываемое к паролю на стороне сервера, хранится вместе с хешем пароля
  - Если базу паролей украдут, узнать исходные пароли очень сложно

Аутентификация с открытым ключом

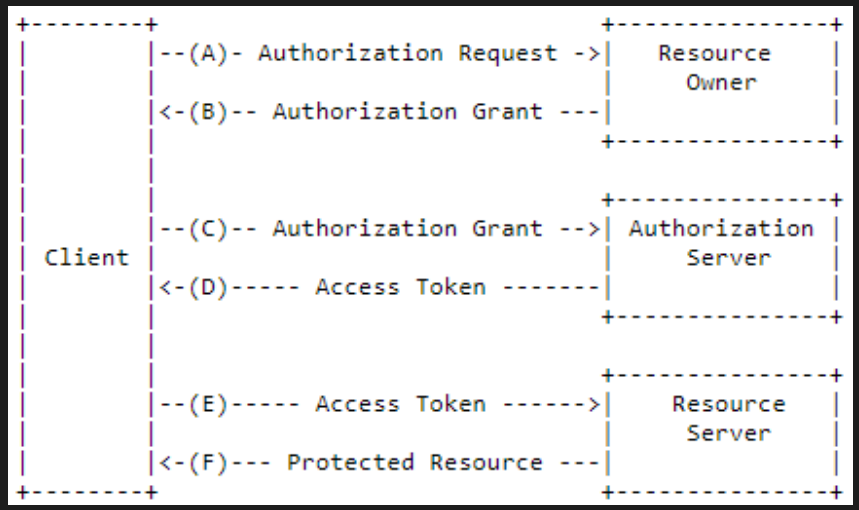


- E_A, E_B — открытые ключи Алисы и Боба
- R_A, R_B — nonce

OAuth 2

- Позволяет разрешить пользование ресурсом, не раскрывая хозяину ресурса логин и пароль пользователя
  - Логин по аккаунту в Google или аккаунту в VK
- Роли:
  - Client — приложение, пытающееся получить доступ
  - Resource Server — сервер, хранящий защищённую информацию. К нему пытается получить доступ клиент
  - Resource Owner — пользователь, владеющий защищённой информацией
  - Authorization Server — сервер, выдающий клиенту токен на доступ к ресурсному серверу

Протокол



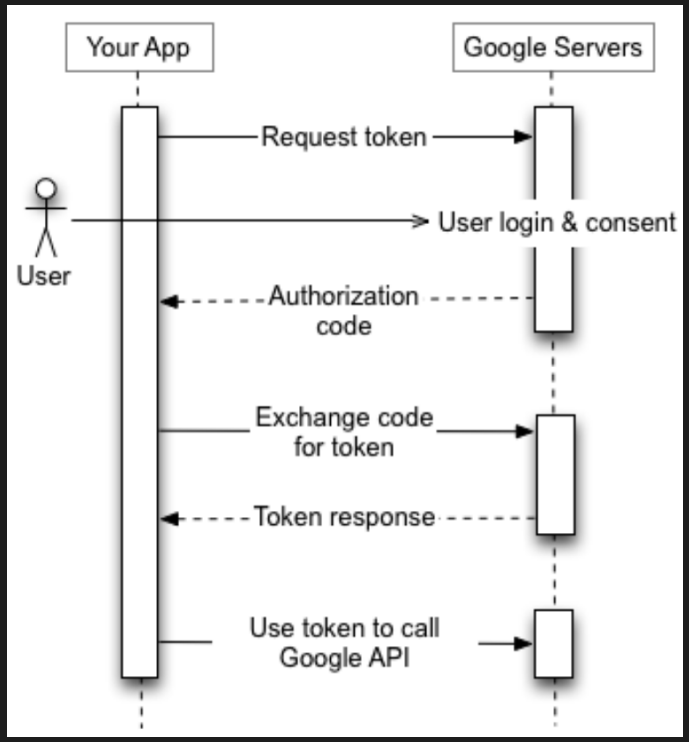
© RFC 6749

Детали

- Access Token — выдаётся авторизационным сервером и посылается с каждым запросом, ограниченное время жизни
- Refresh Token — выдаётся авторизационным сервером, используется для получения нового Access Token
- Scope — к какой части ресурса даёт доступ Access Token

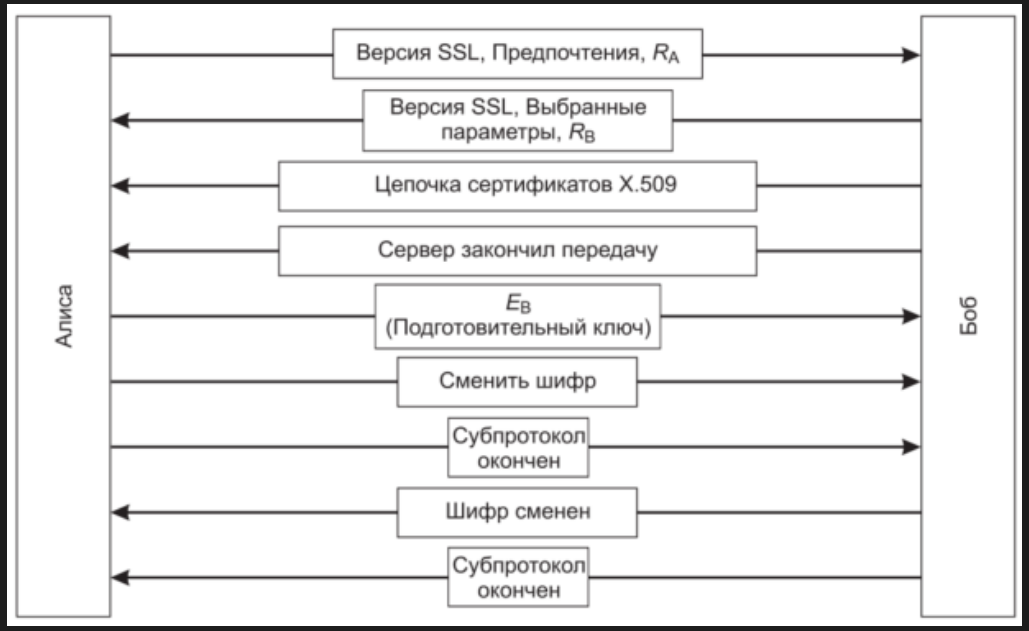
Пример: Google OAuth 2.0

- Google Developer Console, Client ID и Client Secret
- Scope
- Consent Screen



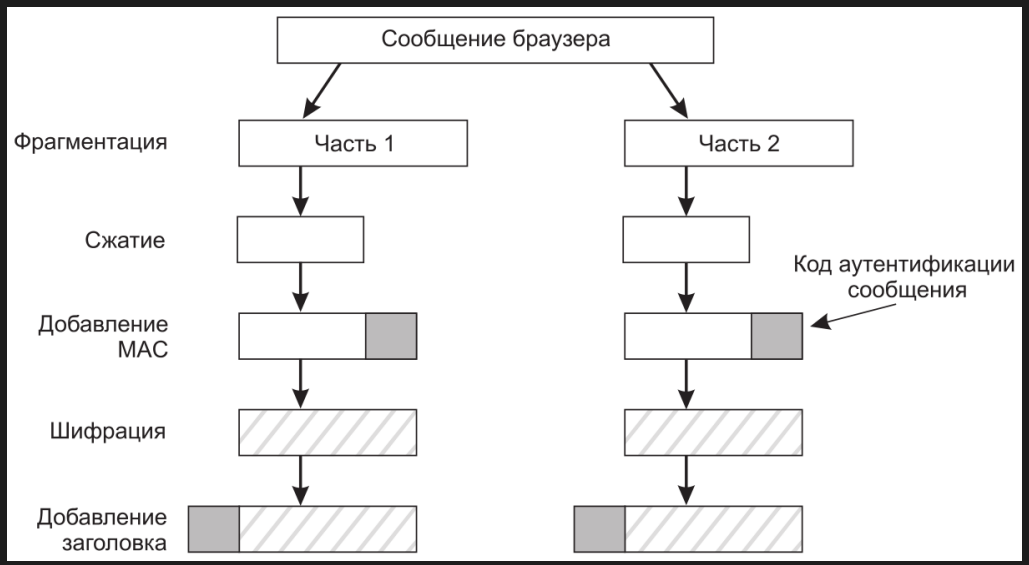
© https://developers.google.com

HTTPS



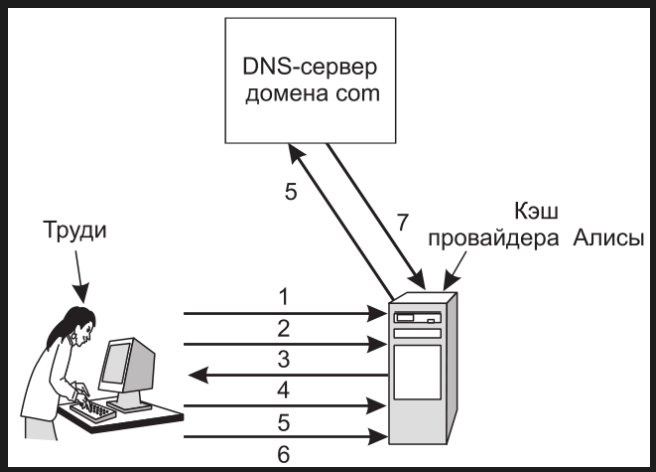
- SSL (Secure Sockets Layer)
- HTTPS — HTTP через SSL
- Порт 443
- Аутентифицируется только сервер

SSL, транспортный субпротокол



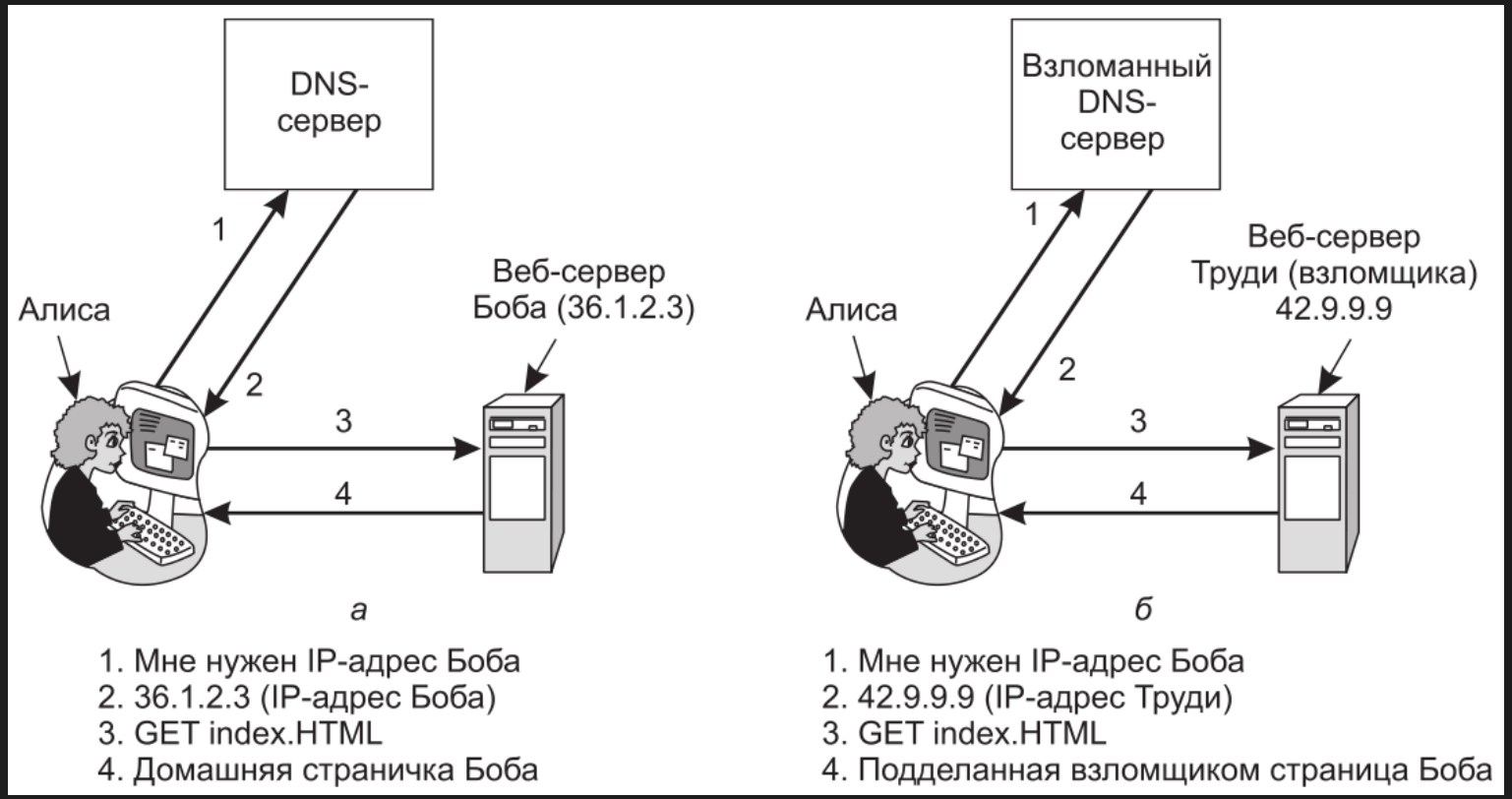
- Triple DES + SHA-1
- Или RC4 со 128-битным ключом + MD5
- TLS — Transport Layer Security (продвинутый SSL)

DNS Spoofing



1. Запрос foobar.trudy-the-intruder.com (чтобы trudy-the-intruder.com попал в кеш провайдера)
2. Запрос www.trudy-the-intruder.com (чтобы получить следующий порядковый номер провайдера)
3. Запрос об адресе www.trudy-the-intruder.com к нашему DNS
4. Запрос к bob.com
5. Запрос о bob.com к DNS зоны com
6. Подделанный ответ о bob.com
7. Настоящий ответ, отвергнутый, потому что уже поздно

Результат



Как это всё отлаживать

И ломать

- Fiddler — кроссплатформенный отладочный прокси
  - Перехват HTTP-трафика
  - Man-In-The-Middle-атака с самоподписанными сертификатами
    - Расшифровка HTTPS-трафика на лету
  - Возможность модифицировать HTTP-пакеты, повторять пакеты и т.д.
- Wireshark — когда Fiddler-а мало
  - Перехват пакетов на низком уровне
  - Умеет даже ставить себя как драйвер USB и читать USB-пакеты