

# Информационная безопасность

Криптографические средства защиты  
данных

# Шифрование

---

- **Шифрование** – использование криптографических сервисов безопасности.
- **Процедура шифрования** – преобразование открытого текста сообщения в закрытый.
- Современные средства шифрования используют известные алгоритмы шифрования. Для обеспечения конфиденциальности преобразованного сообщения используются специальные параметры преобразования – ключи.

# Шифрование

---

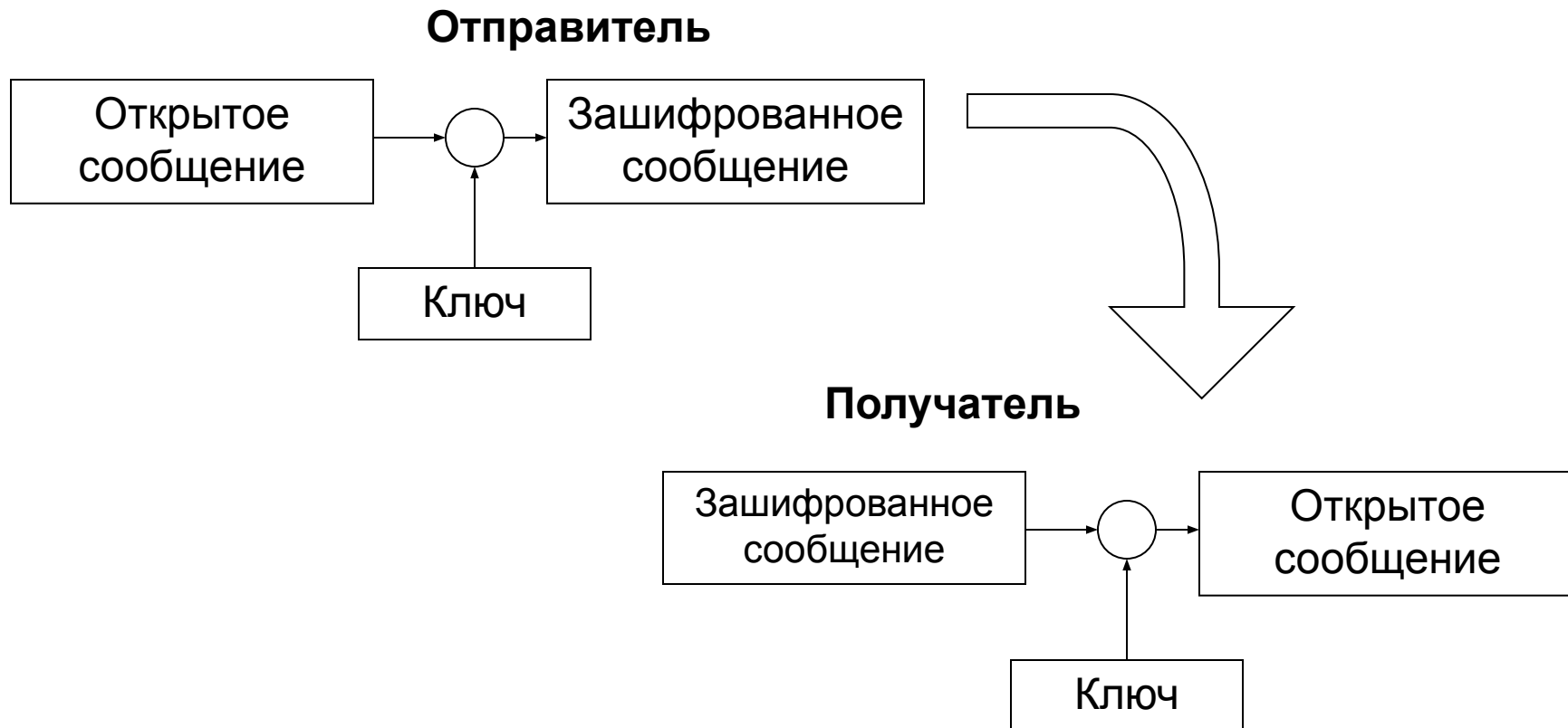
- Криптографические преобразования используются при реализации следующих сервисов безопасности:
  - Собственно шифрование (обеспечение конфиденциальности данных);
  - Контроль целостности;
  - Аутентификация.

# Системы криптографической защиты информации

- Задача средств криптографической защиты информации — преобразование информационных объектов с помощью некоторого обратимого математического алгоритма.
- Процесс **шифрования** использует в качестве входных параметров объект – открытый текст и объект – ключ, а результат преобразования — объект – зашифрованный текст. При **дешифровании** выполняется обратный процесс.
- Криптографическому методу в ИС соответствует некоторый специальный алгоритм. При выполнении данного алгоритма используется уникальное числовое значение – **ключ**.
- Знание ключа позволяет выполнить обратное преобразование и получить открытое сообщения.
- Стойкость криптографической системы определяется используемыми алгоритмами и степенью секретности ключа.

# Криптографические средства защиты данных

- Для обеспечения защиты информации в распределенных информационных системах активно применяются криптографические средства защиты информации.
- Сущность криптографических методов заключается в следующем:



# Использование средств криптографической защиты для предотвращения угроз ИБ

- **Обеспечение конфиденциальности данных.** Использование криптографических алгоритмов позволяет предотвратить утечку информации. Отсутствие ключа у «злоумышленника» не позволяет раскрыть зашифрованную информацию;
- **Обеспечение целостности данных.** Использование алгоритмов несимметричного шифрования и хэширования делает возможным создание способа контроля целостности информации.
- **Электронная цифровая подпись.** Позволяет решить задачу отказа от информации.
- **Обеспечение аутентификации.** Криптографические методы используются в различных схемах аутентификации в распределенных системах (Kerberos, S/Key и др.).

# Требования к системам криптографической защиты

## ■ *Криптографические требования*

- Эффективность применения злоумышленником определяется **средней долей дешифрованной информации**, являющейся средним значением отношения количества дешифрованной информации к общему количеству шифрованной информации, подлежащей дешифрованию, и трудоемкостью дешифрования единицы информации, измеряемой  $Q$  числом элементарных опробований.
- Под **элементарными опробованиями** понимается операция над двумя  $n$ -разрядными двоичными числами. При реализации алгоритма дешифрования может быть использован гипотетический вычислитель, объем памяти которого не превышает  $M$  двоичных разрядов. За одно обращение к памяти может быть записано по некоторому адресу или извлечено не более  $n$  бит информации. Обращение к памяти по трудоемкости приравнивается к элементарному опробованию.
- За единицу информации принимается общий объем информации обработанной на одном средстве криптографической защиты в течении единицы времени. Атака злоумышленника является успешной, если объем полученной открытой информации больше некоторого заданного объема  $V$ .

# Требования к системам криптографической защиты

- ***Требования надежности.***
- Средства защиты должны обеспечивать заданный уровень надежности применяемых криптографических преобразований информации, определяемый значением допустимой вероятности неисправностей или сбоев, приводящих к получению злоумышленником дополнительной информации о криптографических преобразованиях.
- Регламентные работы (ремонт и сервисное обслуживание) средств криптографической защиты не должно приводить к ухудшению свойств средств в части параметров надежности.



# Требования к системам криптографической защиты

- ***Требование по защите от несанкционированного доступа для средств криптографической информации в составе информационных систем.***
- В автоматизированных информационных системах, для которых реализованы программные или аппаратные средства криптографической защиты информации, при хранении и обработке информации должны быть предусмотрены следующие основные механизмы защиты:
  - идентификация и аутентификация пользователей и субъектов доступа;
  - управление доступом;
  - обеспечения целостности;
  - регистрация и учет.

# Требования к системам криптографической защиты

- **Требования к средствам разработки, изготовления и функционирования средств криптографической защиты информации.**
- Аппаратные и программные средства, на которых ведется разработка систем криптографической защиты информации, не должны содержать явных или скрытых функциональных возможностей, позволяющих:
  - модифицировать или изменять алгоритм работы средств защиты информации в процессе их разработки, изготовления и эксплуатации;
  - модифицировать или изменять информационные или управляющие потоки, связанные с функционированием средств;
  - осуществлять доступ посторонних лиц к ключам идентификационной и аутентификационной информации;
  - получать доступ к конфиденциальной информации средств криптографической защиты информации.

# Способы шифрования

---

- Различают два основных способа шифрования:
  - **Симметричное шифрование**, иначе шифрование с закрытым ключом;
  - **Ассиметричное шифрование**, иначе шифрование с открытым ключом;

# Шифрование с секретным КЛЮЧОМ

---

- При симметричном шифровании процесс зашифровывания и расшифровывания использует некоторый *секретный ключ*.
- При симметричном шифровании реализуются два типа алгоритмов:
  - Поточное шифрование (побитовое)
  - Блочное шифрование (при шифровании текст предварительно разбивается на блоки, как правило не менее 64 бит)

# Шифрование с секретным КЛЮЧОМ

---

- Выделяют следующие общие принципы построения шифров:
  - электронная кодовая книга (режим простой замены);
  - сцепление блоков шифра (режим гаммирования с обратной связью);
  - обратная связь по шифротексту;
  - обратная связь по выходу (режим гаммирования).

# Шифрование с секретным КЛЮЧОМ

---

- Стандарт шифрования DES.
  - Алгоритм шифрования представляет собой блочный шифр, использующий подстановки, перестановки и сложения по модулю 2, с длиной блока 64 бита и длиной ключа 56 бит.
  - Подстановки и перестановки, используемые в DES фиксированы.

# Алгоритм шифрования DES

- Основные этапы алгоритма шифрования
  - К блоку входного текста применяется фиксированная перестановка IP
  - Для каждого цикла (всего 16) выполняется операция зашифровывания:
    - 64 битный блок разбивается на две половины (левую  $x''$  и правую  $x'$ ) по 32 бита
    - Правая половина  $x'$  разбивается на 8 тетрад по 4 бита. Каждая тетрада по циклическому закону дополняется крайними битами из соседних тетрад до 6-битного слова
    - Полученный 48-битный блок суммируется по модулю 2 с 48 битами ключа, биты которого выбираются на каждом цикле специальным образом из 56 бит, а затем разбиваются на 8 блоков по 6 бит

# Алгоритм шифрования DES (продолжение)

- Каждый из полученных на предыдущем шаге блоков поступает на вход функции фиксированного S-блока, которая выполняет нелинейную замену наборов 6-битных блоков тетрадами
- Полученные 32 бита подвергаются фиксированной перестановке, результатом которой является полублок  $F_i(x')$
- Компоненты правого зашифрованного полублока  $F_i(x')$  суммируются по модулю 2 с компонентами левого полублока  $x''$  и меняются местами, т.е. блок  $(x'', F_i(x'))$  преобразуется в блок  $(x'' + F_i(x'), x'')$
- К блоку текста, полученному после всех 16 циклов, применяется обратная перестановка  $IP^{-1}$
- Результатом является выходной зашифрованный текст



# Симметричное шифрование

- В процессе шифрования и дешифрования используется один и тот же параметр – секретный ключ, известный обеим сторонам
- Примеры симметричного шифрования:
  - ГОСТ 28147-89
  - DES
  - Blow Fish
  - IDEA
- Достоинство симметричного шифрования
  - Скорость выполнения преобразований
- Недостаток симметричного шифрования
  - Известен получателю и отправителю, что создает проблемы при распространении ключей и доказательстве подлинности сообщения

# Симметричное шифрование

## Симметричное шифрование



# Симметричное шифрование

Алгоритм	Размер ключа	Длина блока	Число циклов	Основные операции
DES	56	64	16	Перестановка, подстановка, $\oplus$
FEAL	64, 128	64	$\leq 4$	Сложение по модулю $2^8$ , циклический сдвиг, $\oplus$
IDEA	128	64	8	Умножение по модулю $2^{16}+1$ , сложение по модулю $2^{16}$ , $\oplus$
ГОСТ 28147-89	256	64	32	Сложение по модулю $2^{32}$ , подстановка, циклический сдвиг, $\oplus$
RC5	$8t, t \leq 255$	32, 64, 128	$\leq 255$	Сложение по модулю $2^W$ , ( $W=1/2$ длины блока), циклический сдвиг, $\oplus$
Blowfish	$\leq 448$	64	16	Сложение по модулю $2^{32}$ , подстановка, $\oplus$

# Несимметричное шифрование

---

- В несимметричных алгоритмах шифрования ключи зашифровывания и расшифровывания всегда разные (хотя и связанные между собой).
- Ключ зашифровывания является несекретным (открытым), ключ расшифровывания – секретным.

# Несимметричное шифрование

- Алгоритм шифрования RSA (предложен Р.Ривестом, Э. Шамиром и Л.Адлманом) включает в себя:
  - Пусть заданы два простых числа  $p$  и  $q$  и пусть  $n=pq$ ,  $\phi(n)=(p-1)(q-1)$ . Пусть число  $e$ , такое что числа  $e$  и  $\phi(n)$  взаимно простые, а  $d$  – мультипликативно обратное к нему, то есть  $ed \equiv 1 \pmod{\phi(n)}$ . Числа  $e$  и  $d$  называются открытым и закрытым показателями соответственно. Открытым ключом является пара  $(n, e)$  секретным ключом –  $d$ . Множители  $p$  и  $q$  должны сохраняться в секрете.
  - Таким образом безопасность системы RSA основана на трудности задачи разложения на простые множители.

# Несимметричное шифрование

- Кроме алгоритма RSA часто используемыми алгоритмами несимметричного шифрования являются:
  - Алгоритм Эль-Гамала (использует простое число  $p$ , образующую группы  $g$  и экспоненту  $y=g^x \pmod{p}$ )
  - Алгоритм шифрования Мессе-Омуры (использует простое число  $p$ , такое что  $p-1$  имеет большой простой делитель в качестве открытого ключа, секретный ключ определяется в процессе диалога между приемником и источником)

# Ассиметричное шифрование

- В криптографических преобразованиях используется два ключа. Один из них несекретный (открытый) ключ используется для шифрования. Второй, секретный ключ для расшифровывания.
- Примеры несимметричного шифрования:
  - RSA
  - Алгоритм Эль-Гамала
- Недостаток асимметричного шифрования
  - низкое быстродействие алгоритмов (из-за длины ключа и сложности преобразований)
- Достоинства:
  - Применение асимметричных алгоритмов для решения задачи проверки подлинности сообщений, целостности и т.п.

# Асимметричная криптография

---



# Сравнение симметричных и несимметричных алгоритмов шифрования

- Преимущества симметричных алгоритмов:
  - Скорость выполнения криптографических преобразований
  - Относительная легкость внесения изменений в алгоритм шифрования
- Преимущества несимметричных алгоритмов
  - Секретный ключ известен только получателю информации и первоначальный обмен не требует передачи секретного ключа
  - Применение в системах аутентификации (электронная цифровая подпись)

# Проверка подлинности

---

- Криптографические методы позволяют контролировать целостность сообщений, определять подлинность источников данных, гарантировать невозможность отказа от совершенных действий
- В основе криптографического контроля целостности лежат два понятия:
  - Хэш-функция;
  - Электронная цифровая подпись.

# Проверка целостности сообщений

- Контроль целостности потока сообщений помогает обнаружить их повтор, задержку, переупорядочивание или утрату. Для контроля целостности сообщений можно использовать хэш-функцию.
- Хэш-функция – преобразование преобразующее строку произвольной длины в строку фиксированной длины и удовлетворяющее следующим свойствам:
  - Для каждого значения  $H(M)$  невозможно найти аргумент  $M$  – стойкость в смысле обращения;
  - Для данного аргумента  $M$  невозможно найти аргумент  $M'$ , что  $H(M) = H(M')$  – стойкость в смысле возникновения коллизий.
- Хэш-функция используется:
  - Для создания сжатого образа сообщения, применяемого в ЭЦП;
  - Для защиты пароля;
  - Для построения кода аутентификации сообщений.

# Контроль подлинности

- **Электронная цифровая подпись** выполняет роль обычной подписи в электронных документах для подтверждения подлинности сообщений – данные присоединяются к передаваемому сообщению, подтверждая подлинность отправителя сообщения.
- При разработке механизма цифровой подписи возникает три задачи:
  - создание подписи таким образом, чтобы ее невозможно было подделать;
  - возможность проверки того, что подпись действительно принадлежит указанному владельцу.
  - предотвращение отказа от подписи.

# Алгоритм формирования электронной цифровой подписи

- При формировании цифровой подписи по классической схеме отправитель:
  - Применяет к исходному тексту хэш-функцию;
  - Дополняет хэш-образ до длины, требуемой в алгоритме создания ЭЦП;
  - Вычисляет ЭЦП по хэш-образу с использованием секретного ключа создания подписи.
- Получатель, получив подписанное сообщение, отделяет цифровую подпись от основного текста и выполняет проверку:
  - Применяет к тексту полученного сообщения хэш-функцию;
  - Дополняет хэш-образ до требуемой длины;
  - Проверяет соответствие хэш-образа сообщения полученной цифровой подписи с использованием открытого ключа проверки подписи.

# Примеры алгоритмов формирования хэш-функции и ЭЦП

---

- В качестве распространенных алгоритмов хэширования можно указать:
  - MD5;
  - SHA;
  - ГОСТ Р34.11-94;
- Алгоритмы формирования электронной цифровой подписи:
  - RSA;
  - DSA;
  - ГОСТ Р34.10-94

# Выбор алгоритмов аутентификации

---

- При выборе протоколов аутентификации, необходимо определить, какой тип аутентификации требуется – односторонняя или двусторонняя, наличие доверенной стороны и т.д.
- Параметры протокола аутентификации:
  - Тип алгоритма (симметричный, несимметричный);
  - Конкретный вид алгоритма;
  - Режим работы;
  - Процедура управления ключами;
  - Совместимость используемых алгоритмов.