

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ЭЛЕКТРОННАЯ ЦИФРОВАЯ ПОДПИСЬ

Цель работы: ознакомление с принципами защищенного электронного документооборота в телекоммуникационных сетях и алгоритмами постановки электронной цифровой подписи (ЭЦП).

Описание лабораторной работы. *Электронная цифровая подпись.* При обмене электронными документами по сети связи существенно снижаются затраты на обработку и хранение документов, ускоряется их поиск. Однако при этом возникает проблема аутентификации автора документа и самого документа, т.е. установления подлинности автора и отсутствия изменений в полученном документе.

При обработке документов в электронной форме непригодны традиционные способы установления подлинности по рукописной подписи и оттиску печати на бумажном документе. Принципиально новым решением является *электронная цифровая подпись*.

Первая схема ЭЦП — RSA была разработана еще в конце 1970-х гг. Однако проблема подтверждения авторства стала актуальной настолько, что в 1990-х гг. потребовалось установление стандарта. Причиной послужило повсеместное расширение глобальной сети Интернет и массовое распространение электронной торговли и оказания услуг. Именно по указанной причине стандарты ЭЦП в России и США были приняты практически одновременно, в 1994 г.

Из предложенных криптологами схем ЭЦП наиболее удачными оказались RSA и схема Эль-Гамала. Первая из них была запатентована в США и в ряде других стран (патент на RSA прекратил свое действие совсем недавно). У второй схемы существует большое количество возможных модификаций, и все их запатентовать весьма затруднительно. Именно по этой причине схема ЭЦП Эль-Гамала осталась по большей части свободной от патентов. Кроме того, эта схема имеет и определенные практические преимущества: размер блоков, которыми оперируют алгоритмы, и соответственно размер ЭЦП в ней оказались значительно меньше, чем в RSA, при той же самой стойкости. Именно поэтому стандарты ЭЦП России и США базируются на схеме Эль-Гамала.

Законы об ЭЦП сегодня имеют уже более 60 государств. В этом списке значится и Россия. Принятый Федеральный закон от 6 апреля 2011 г. № 63-ФЗ «Об электронной подписи» должен оказать стимулирующее воздействие на развитие отечественной электронной коммер-

ции, особенно если в соответствие с ним будут своевременно приведены иные нормативно-правовые акты.

За последние годы приняты следующие решения по использованию ЭЦП:

- Правительство РФ финансово поддерживает осуществление федеральной целевой программы «Электронная Россия»;

- еще в январе 2001 г. правление Пенсионного фонда РФ постановлением «О введении в системе Пенсионного фонда РФ криптографической защиты информации и электронной цифровой подписи» регламентировало регистрацию и подключение юридических и физических лиц к системе своего электронного документооборота;

- в 2002 г. вышел приказ МНС России «Об утверждении порядка представления налоговой декларации в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи», благодаря которому сегодня любое физическое или юридическое лицо может связаться с налоговой инспекцией, используя защищенную электронную почту;

- в 2004 г. были утверждены поправки к ст. 13 и 15 Закона «О бухгалтерском учете», согласно которым бухгалтерская отчетность предприятия может вестись, храниться и предоставляться в контролирующие органы в электронном виде.

Принцип построения ЭЦП. Асимметрия ролей отправителя и получателя в схемах ЭЦП требует наличия двух тесно связанных ключей: *секретного*, или ключа подписи, и *открытого*, или ключа проверки подписи.

Любая схема ЭЦП обязана определить три следующих алгоритма:

- 1) генерации ключевой пары для подписи и ее проверки;
- 2) постановки подписи;
- 3) проверки подписи.

Стандарты России и США очень похожи, они различаются лишь некоторыми числовыми параметрами и отдельными деталями выработки ключевой пары, вычисления и проверки подписи. Действительно, оба стандарта являются вариантами одной и той же схемы ЭЦП Эль-Гамала.

ЭЦП используется для аутентификации текстов, передаваемых по телекоммуникационным каналам. Функционально она аналогична обычной рукописной подписи и обладает основными ее достоинствами:

- удостоверяет, что подписанный текст исходит от лица, поставившего подпись;

- не дает самому этому лицу возможность отказаться от обязательств, связанных с подписанным текстом;

- гарантирует целостность подписанного текста.

ЭЦП представляет собой относительно небольшое количество дополнительной цифровой информации, передаваемой вместе с подписываемым текстом, и включает две процедуры:

- 1) процедуру постановки подписи, в которой используется секретный ключ отправителя сообщения;
- 2) процедуру проверки подписи, в которой используется открытый ключ отправителя.

Процедура постановки подписи. При формировании ЭЦП отправитель прежде всего вычисляет хэш-функцию $h(M)$ подписываемого текста M . Вычисленное значения хэш-функции $h(M)$ представляет собой один короткий блок информации t , характеризующий весь текст M в целом. Затем значение t шифруется секретным ключом отправителя. Получаемая при этом пара чисел представляет собой ЭЦП для данного текста M .

Процедура проверки подписи. При проверке ЭЦП получатель сообщения снова вычисляет хэш-функцию $t = h(M)$ принятого по каналу текста M , после чего при помощи открытого ключа отправителя проверяет, соответствует ли полученная подпись вычисленному значению t хэш-функции.

Принципиальным моментом в системе ЭЦП является невозможность подделки ЭЦП пользователя без знания его секретного ключа.

Каждая подпись, как правило, содержит следующую информацию:

- дата подписи;
- срок окончания действия ключа данной подписи;
- информация о лице, подписавшем текст;
- идентификатор подписавшего (имя открытого ключа);
- собственно цифровая подпись.

Однонаправленные хэш-функции. Хэш-функция предназначена для сжатия подписываемого документа M до нескольких десятков или сотен бит. Хэш-функция $h(.)$ использует в качестве аргумента сообщение M произвольной длины и возвращает хэш-значение $h(M) = H$ фиксированной длины. Обычно хэшированная информация является сжатым двоичным представлением основного сообщения произвольной длины. Следует отметить, что значение хэш-функции $h(M)$ сложным образом зависит от документа M и не позволяет восстановить сам документ M .

Хэш-функция должна удовлетворять целому ряду условий:

- быть чувствительной к всевозможным изменениям в тексте M ;
- обладать свойством необратимости, т.е. задача подбора документа M_1 , который обладал бы требуемым значением хэш-функции, должна быть вычислительно неразрешима;
- вероятность того, что значения хэш-функции двух различных документов совпадут, должна быть ничтожно мала.

Большинство хэш-функций строится на основе однонаправленной функции $f(\cdot)$, которая образует выходное значение длиной n при задании двух входных значений длиной n . Этими входами являются блок исходного текста M_i и хэш-значение H_{i-1} предыдущего блока текста (рис. 2.3).

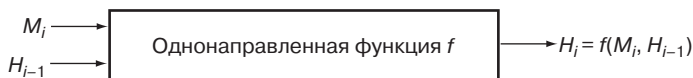


Рис. 2.3. Схема формирования хэш-функции

Алгоритм цифровой подписи DSA. Алгоритм цифровой подписи DSA (Digital Signature Authorization) предложен в 1991 г. в США и является развитием алгоритма цифровой подписи Эль-Гамала.

Отправитель и получатель электронного документа используют при вычислении большие целые числа:

G, P — простые числа по L -бит каждое ($L = 512 \dots 1024$ бит);

q — простое число длиной 160 бит делитель числа $(P - 1)$.

Числа G, P, q являются открытыми и могут быть общими для всех пользователей сети.

Описание алгоритма

1. Отправитель выбирает случайное целое число X , $1 < X < q$. Число X является *секретным ключом* отправителя для формирования электронной подписи.
2. Отправитель вычисляет значение

$$Y = G^X \bmod P.$$

Число Y является *открытым ключом* для проверки подписи отправителя и передается всем получателям документа.

3. Для того чтобы подписать документ M , отправитель хэширует его в целое хэш-значение m :

$$m = h(M), 1 < m < q.$$

Затем генерирует случайное целое число K , $1 < K < q$ и вычисляет число r :

$$r = (G^K \bmod P) \bmod q.$$

4. При помощи секретного ключа X отправитель вычисляет число s :

$$s = ((m + r \cdot X)/K) \bmod q.$$

Пара чисел r, s образуют цифровую подпись $S = (r, s)$ под документом M .

5. Доставленное получателю сообщение вместе с подписью представляет собой тройку чисел $[M, r, s]$. Прежде всего получатель проверяет выполнение соотношений:

$$0 < r < q; 0 < s < q.$$

6. Далее получатель вычисляет значения:

$$w = 1/s \bmod q;$$

$$m = h(M) \text{ — хэш-значение;}$$

$$u_1 = (m \cdot w) \bmod q;$$

$$u_2 = (r \cdot w) \bmod q.$$

Затем при помощи открытого ключа Y вычисляется значение

$$v = ((G^{u_1} \cdot Y^{u_2}) \bmod P) \bmod q$$

и проверяется выполнение равенства $v = r$. Если оно выполняется, то подпись признается подлинной, так как можно строго математически доказать, что последнее равенство будет выполняться тогда и только тогда, когда подпись $S = (r, s)$ под документом M получена при помощи именно того секретного ключа X , из которого был получен открытый ключ Y .

Новые стандарты ЭЦП. Последние достижения криптографии показали, что общая проблема логарифмирования в дискретных полях, являющаяся базой указанной схемы ЭЦП, не может считаться достаточно прочным фундаментом. Например, размеры блоков, считающиеся безопасными, растут сравнительно быстрыми темпами. В результате это привело к тому, что стандарты ЭЦП России и США в 2001 г. были обновлены: переведены на эллиптические кривые. Наи-

более употребимые алгоритмы ЭЦП приведены на рис. 2.4. Схемы ЭЦП при этом остались прежними, но в качестве чисел, которыми они оперируют, теперь используются не элементы конечного поля $GF(2n)$ или $GF(p)$, а эллиптические числа — решения уравнения эллиптических кривых над указанными конечными полями. Роль операции возведения числа в степень в конечном поле в обновленных стандартах выполняет операция взятия кратной точки эллиптической кривой — «умножение» точки на целое число.

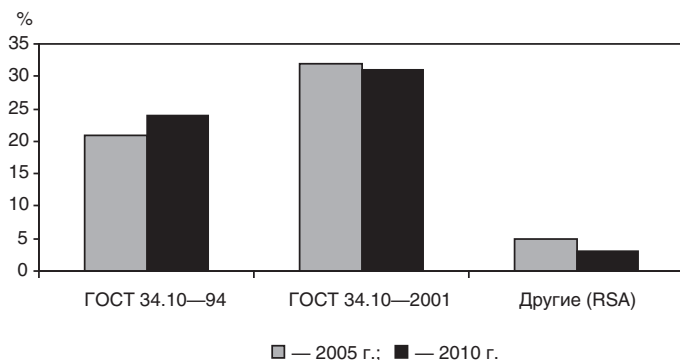


Рис. 2.4. Алгоритмы ЭЦП, используемые в РФ

Надлежащий выбор типа эллиптической кривой позволяет многократно усложнить задачу взлома схемы ЭЦП и уменьшить рабочий размер блоков данных. Старый российский стандарт ЭЦП оперирует 1024-битовыми блоками, а новый, основанный на эллиптических кривых, — 256-битовыми, и при этом обладает большей стойкостью.

Стойкость схемы ЭЦП ГОСТ Р34.10—94 базируется на сложности решения задачи дискретного логарифмирования в простом поле. В настоящее время наиболее быстрым алгоритмом ее решения для общего случая является алгоритм обобщенного решета числового поля.

В ГОСТ Р34.10—2001 стойкость схемы ЭЦП основана на сложности решения задачи дискретного логарифмирования в группе точек эллиптической кривой. При правильном выборе параметров кривой самыми эффективными методами ее решения являются более трудоемкие r - и l -методы Полларда. Так, по разным оценкам специалистов, трудоемкость взлома старого и нового стандартов ЭЦП России составляет величину порядка 1026 и 1038 операций умножения в базовом поле $GF(p)$ соответственно. Очевидно, что новый стандарт более стойкий.

Задание

1. Ознакомиться с основными направлениями работ в рамках федеральной целевой программы «Электронная Россия», а также со сведениями о порядке использования и действующих алгоритмах постановки электронной цифровой, изложенными выше.
Запустить программу **labWork6.exe**, предназначенную для демонстрации порядка постановки и проверки электронной цифровой подписи.
2. Сгенерировать и переслать участникам обмена ключи для шифрования исходного документа и ключи для подписания документа. Исходный текст для шифрования набирается непосредственно в окне программы.
3. Зашифровать исходное сообщение и подписать его на секретном ключе отправителя.
4. Переслать зашифрованное и подписанное сообщение получателю. Выполнить проверку правильности ЭЦП и восстановить исходный текст сообщения.
5. Сохранить в отчете экранные формы, демонстрирующие процесс генерации и распространения ключей; процесс шифрования исходного документа и постановки ЭЦП.
6. Привести в отчете ответы на контрольные вопросы в соответствии с номером варианта (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Номер варианта	Контрольные вопросы
1, 5, 7, 3, 9, 18, 28	В чем состоит назначение хэш-функций и какие требования предъявляются к хэш-функциям, используемым для постановки ЭЦП? Перечислите стандарты хэш-функций, действующие в Российской Федерации
2, 4, 6, 8, 20, 22, 24, 26, 30	Опишите процедуры постановки и проверки ЭЦП. Какая информация содержится в ЭЦП?
11, 13, 15, 10, 17, 19, 27	Перечислите стандарты ЭЦП, действующие в Российской Федерации. На каких принципах основана криптостойкость современных алгоритмов ЭЦП?
12, 14, 16 21, 23, 25, 29	Приведите пример реализации алгоритма ЭЦП (RSA, Эль-Гамаль, DSA)