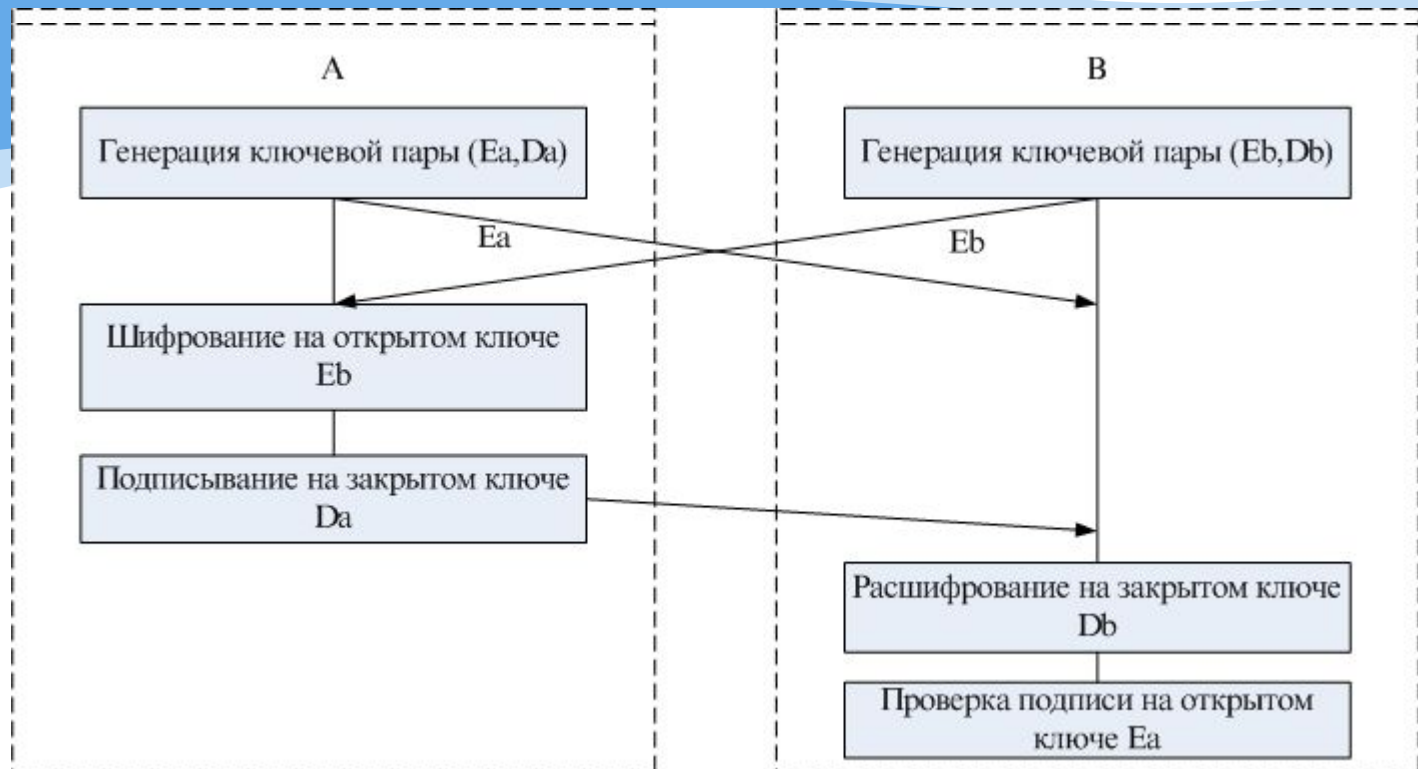




Инфраструктура открытых КЛЮЧЕЙ

Лекция 9

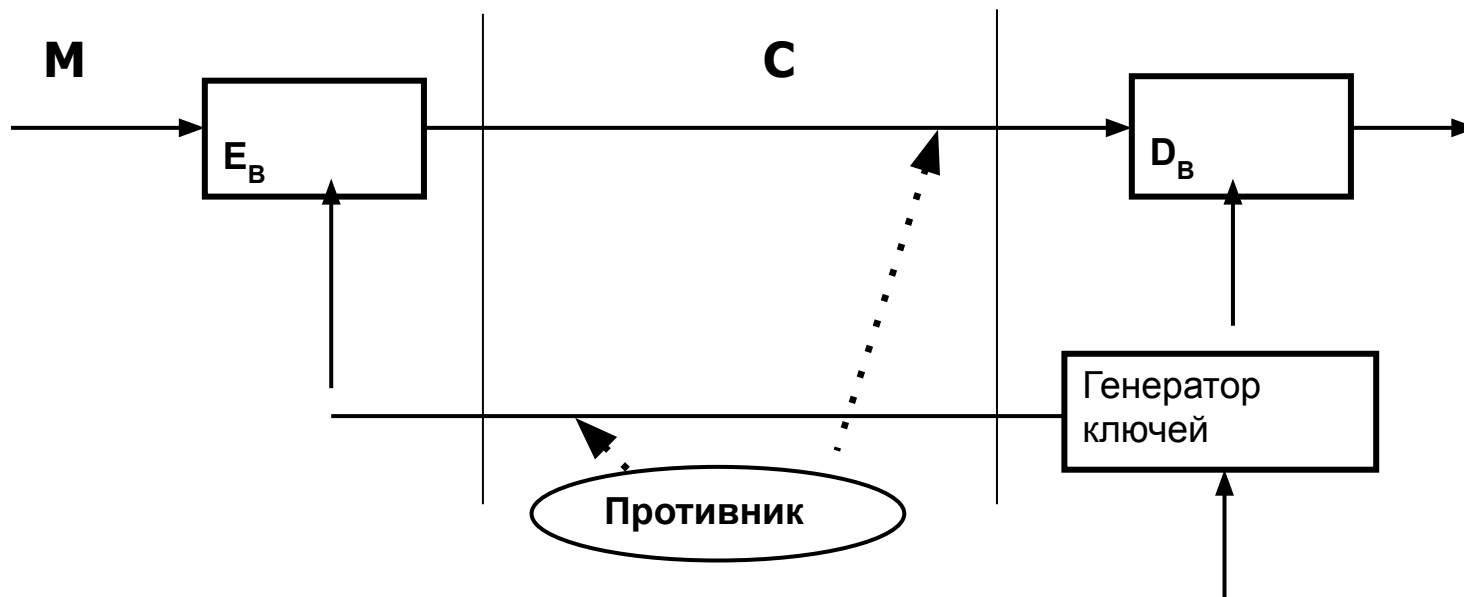


Обобщенная схема асимметричной криптосистемы с открытым ключом

Отправитель А

Незащищенный канал

Получатель В

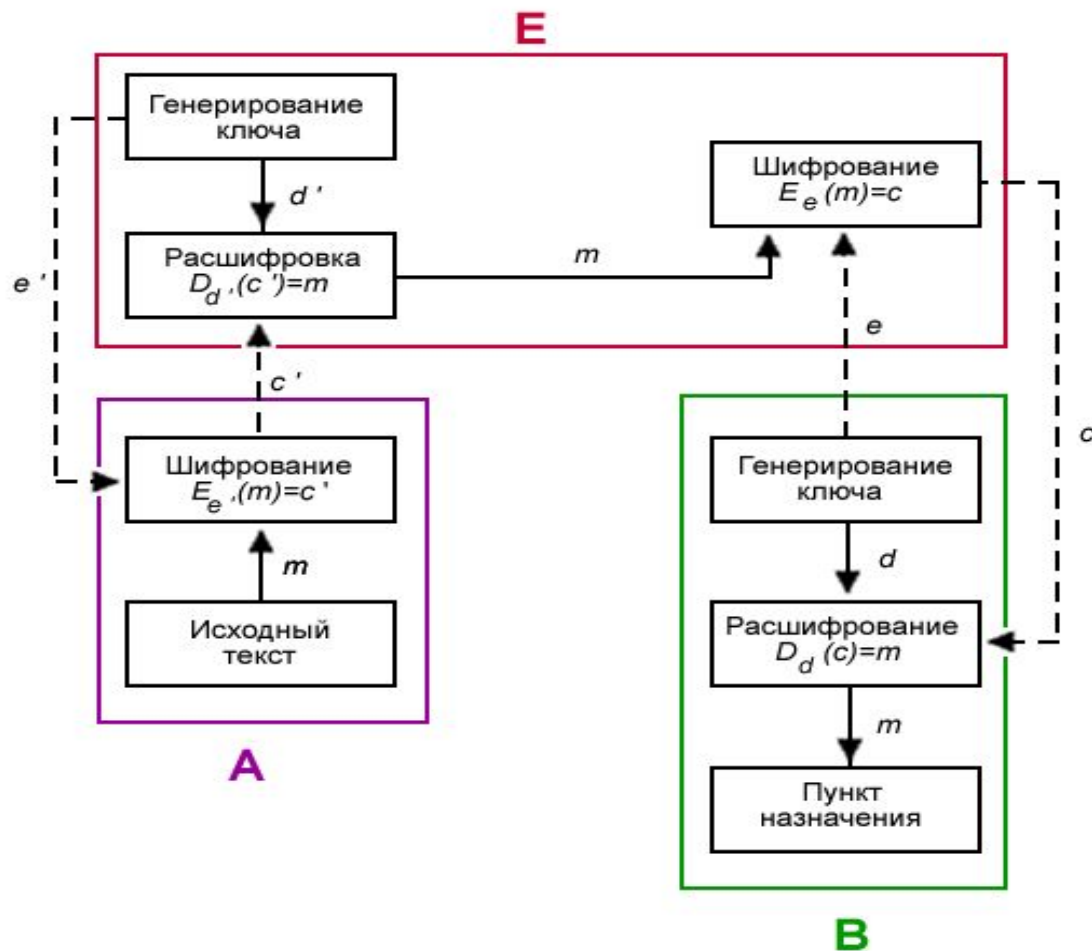


$$E_B : M \rightarrow C$$
$$D_B : C \rightarrow M$$

Подмена открытого ключа асимметричной системы

А передает зашифрованную информацию В. Е перехватывает открытый ключ e , посланный В для А. Затем создает пару ключей e' и d' , «маскируется» под В, посылая А открытый ключ e' , который, как думает А, открытый ключ, посланный ему В. Е перехватывает зашифрованные сообщения от А к В, расшифровывает их с помощью секретного ключа d' , заново зашифровывает открытым ключом e участника В и отправляет сообщение В. Таким образом, никто из участников не догадывается, что есть третье лицо, которое может как просто перехватить сообщение, так и подменить его на ложное сообщение. Это подчеркивает необходимость аутентификации открытых ключей. Для этого используются сертификаты ключей.

Подмена открытого ключа асимметричной системы



Инфраструктура открытых ключей (1)

- ❖ **Инфраструктура открытых ключей** (*PKI - Public Key Infrastructure*) - технология аутентификации с помощью открытых ключей. Это комплексная система, которая связывает открытые ключи с личностью пользователя посредством удостоверяющего центра (УЦ).
- ❖ Фактически, PKI представляет собой систему, основным компонентом которой является удостоверяющий центр и пользователи, взаимодействующие между собой посредством удостоверяющего центра

Инфраструктура открытых ключей (2)

В основе PKI лежит использование криптографической системы с открытым ключом и несколько основных принципов:

- ❖ закрытый ключ известен только его владельцу;
- ❖ удостоверяющий центр создает сертификат открытого ключа, удостоверяя этот ключ;
- ❖ никто не доверяет друг другу, но все доверяют удостоверяющему центру;
- ❖ удостоверяющий центр подтверждает или опровергает принадлежность открытого ключа заданному лицу, которое владеет соответствующим закрытым ключом.

Объекты PKI (1)

PKI реализуется в модели клиент-сервер.

Основные компоненты PKI

- ❖ **Удостоверяющий центр (УЦ)** является основной структурой, формирующей цифровые сертификаты подчиненных центров сертификации и конечных пользователей.
- ❖ **Сертификат открытого ключа** (чаще всего просто *сертификат*) - это данные пользователя и его открытый ключ, скрепленные подписью УЦ.

Сертификаты открытых ключей. Основные понятия

- ❖ **X.500** – стандарт службы каталогов.
- ❖ Рекомендации **X.509** Международного союза телекоммуникаций (ITU – International Telecommunication Union) – часть рекомендаций серии X.500. Появился в 1988 году. После исправлений – в 1993 году.
- ❖ **Обозначения:**
- ❖ **Y«X»** - удостоверение пользователя X, выданное центром сертификации Y
- ❖ **Y{I}** – подпись I объектом Y. Она состоит из I с добавленным шифрованным хэш-кодом.

ПРОТОКОЛ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКРЫТЫХ КЛЮЧЕЙ (1)

А – инициатор, запрашивает выдачу средств А и В. Сертификат А нужен, чтобы выработать пару ОК и ЗК. ОК посылает В.

1. А → ЦРК: Id_A, Id_B «Пришлите сертификаты А и В»

2. ЦРК → А: ЦРК передает А два сертификата:

$C_A = E_{K_{ЦРК}}^C (h(L_A, K_A^0, Id_A)), (L_A, K_A^0, Id_A); C_A = C_A \{L_A, K_A^0, Id_A \}$

$C_B = E_{K_{ЦРК}}^C (h(L_B, K_B^0, Id_B)), (L_B, K_B^0, Id_B). C_B = C_B \{L_B, K_B^0, Id_B \}$

А проверяет подлинность сертификата В и берет себе K_B^0 . Свой ОК у него есть. Проверяет сертификат В путем:

- Проверить подпись;
- Проверить сроки L_A, L_B действия сертификатов C_A, C_B .

Успешная проверка подписи говорит о том, что информация подписана ЦРК и что ключ В K_B^0 – подлинный.

Проверка сроков L_A, L_B используется для подтверждения актуальности сертификатов.

ПРОТОКОЛ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКРЫТЫХ КЛЮЧЕЙ (2)

- ❖ А проверяет открытым ключом сертификат В
- ❖ **3.** $A \rightarrow B: C_A, E_{K_A}^C(T), E_{K_B}^O(r_1)$
- ❖ C_A – сертификат открытого ключа А
- ❖ $E_{K_A}^C(T)$ – для аутентификации А. $E_{K_B}^O(r_1)$ – для проверки подлинности В.
- ❖ r_1 – некоторое случайное число
- ❖ **4.** $B \rightarrow A: E_{K_A}^O(f(r_1))$
- ❖ K_B^O - открытый ключ В, K_A^O - открытый ключ А. $Y \{I\}$ - подпись I объектом Y. Это I с добавленным шифрованным хэш-кодом

Объекты РКІ (2)

Регистрационный центр (РЦ) - необязательный компонент системы, предназначенный для регистрации пользователей. Удостоверяющий центр доверяет регистрационному центру проверку информации о субъекте. Регистрационный центр, проверив правильность информации, подписывает её своим ключом и передаёт удостоверяющему центру, который, проверив ключ регистрационного центра, выписывает сертификат.

Объекты РКІ (3)

- ❖ Один **регистрационный центр** может работать с несколькими удостоверяющими центрами (т.е. состоять в нескольких РКІ), один удостоверяющий центр может работать с несколькими регистрационными центрами. Иногда, удостоверяющий центр выполняет функции регистрационного центра.
- ❖ **Конечные пользователи** - пользователи или приложения, являющиеся владельцами сертификата и использующие инфраструктуру управления открытыми ключами.

Основные поля сертификата X.509 (1)

V – версия;

SN – порядковый номер;

AI – идентификатор алгоритма подписи (не слишком полезное, т.к. в конце есть поле в подписи);

CA – имя объекта, выдавшего сертификат;

T_A – срок действия;

A – имя субъекта;

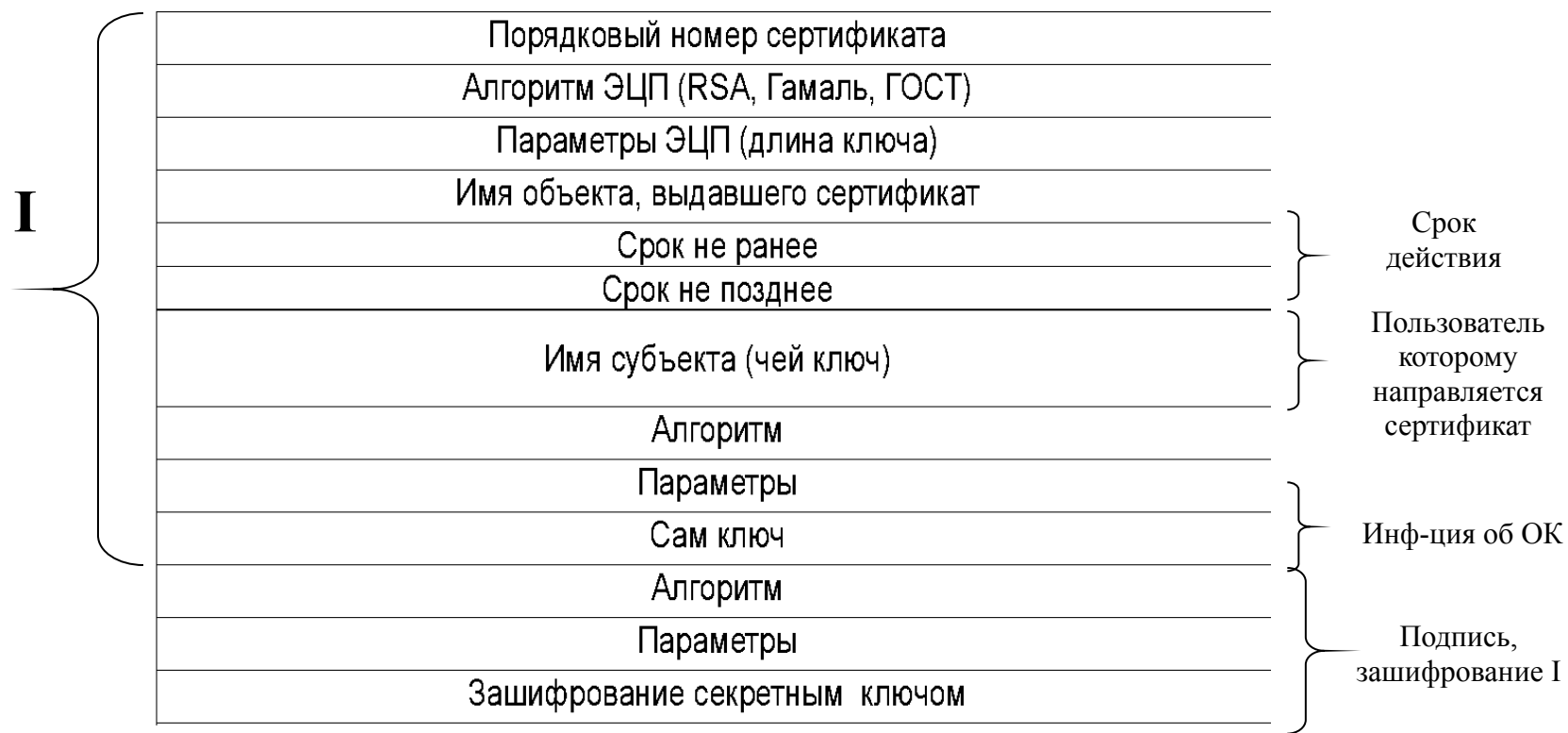
A_p – информация об открытом ключе субъекта.

$CA\langle A \rangle = CA \{V, SN, AI, CA, T_A, A, A_p\}$, где

$Y\langle X \rangle$ - удостоверение X, выдан. Y; $Y\{I\}$ – подпись I объектом Y.

Структура сертификата X.509

Рекомендация ITU – international telecommunicaon Union



Стандарт X.509 версия 3

Version	Версия сертификата	3
Certificate Serial Number	Серийный номер сертификата	40:00:00:00:00:00:00:ab:38:1e:8b:e9:00:31:0c:60
Signature Algorithm Identifier	Идентификатор алгоритма ЭЦП	ГОСТ Р 34.10-94
Issuer X.509 Name	Имя Издателя сертификата	C=RU, ST=Moscow,O=PKI, CN=Certification Authority
Validity Period	Срок действия сертификата	Действителен с : Ноя 2 06:59:00 1999 GMT Действителен по : Ноя 6 06:59:00 2004 GMT
Subject X.509 Name	Имя Владельца сертификата	C=RU, ST=Moscow, O=PKI, CN=Sidorov
Subject Public Key Info	Открытый ключ Владельца	тип ключа: Открытый ключ ГОСТ длина ключа: 1024 значение: AF:ED:80:43.....
Issuer Unique ID version 2	Уникальный идентификатор Издателя	
Subject Unique ID version 2	Уникальный идентификатор Владельца	
type	critical	value
type	critical	value
type	critical	value
дополнения (только версия 3)		
CA Signature ЭЦП Центра Сертификации		

Типы дополнений:

- ограничивающие
- информационные

Отзыв сертификатов (1)

- ❖ В некоторых ситуациях желательно иметь возможность отменить действие сертификата до окончания срока его действия по следующим причинам:
- ❖ 1. Секретный ключ пользователя оказался скомпрометированным.
- ❖ 2. Пользователь больше не сертифицируется в данном центре сертификации.
- ❖ 3. Сертификат данного центра сертификации оказался скомпрометированным.

Отзыв сертификатов (2)

- ❖ Каждый центр должен поддерживать список отозванных сертификатов (CRL – Certificate Revocation List). CRL должны размещаться в каталоге, подписываются центром сертификации и включают имя центра, дату создания списка, дату выхода следующей версии CRL и **запись** для каждого отозванного сертификата. **Запись** состоит из порядкового номера сертификата и даты отзыва этого сертификата.

Важность стандарта X.509

- ❖ Структура сертификатов и протоколов аутентификации, определяемых в X.509, используется в протоколах S/MIME (Secure/Multipurpose Internet Mail Extension) – защищенное многоцелевое расширение электронной почты, IP Security, SSL/TLS, SET.

Электронная цифровая подпись по RSA

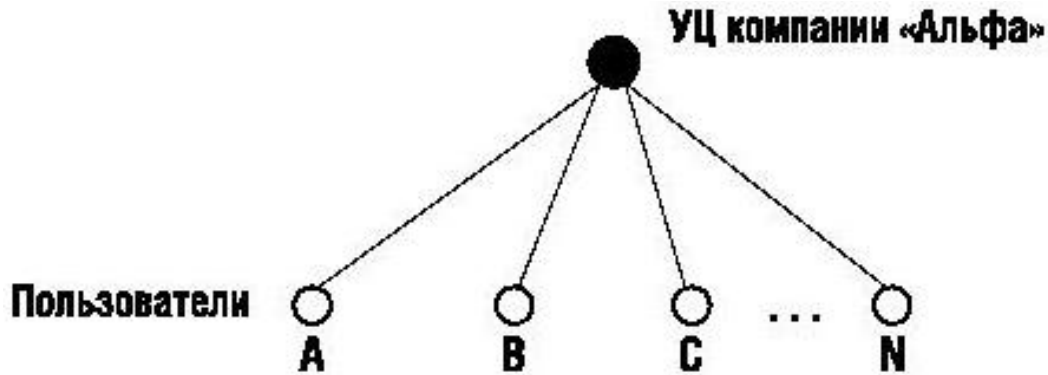
- ❖ Подписывание A:
- ❖ $SA = m^d_A \pmod n$
- ❖ d_A – секретный ключ
- ❖ Проверка для B:
- ❖ A \square B: SA, M'
- ❖ B: $m' = h(M')$
- ❖ $m = (SA)^e_A \pmod n$
- ❖ сравнивает $m = m'$

Архитектуры РКІ

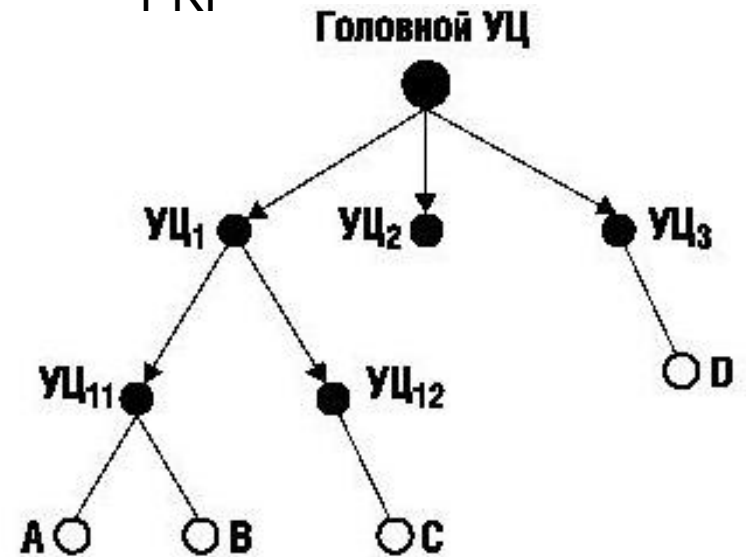
- ❖ В основном выделяют 5 видов архитектур РКІ, это:
- ❖ простая РКІ (одиночный УЦ)
- ❖ иерархическая РКІ (подчинение нескольких УЦ вышестоящему главному УЦ)
- ❖ сетевая РКІ (объединение одноранговых инфраструктур с перекрестной (кросс-) сертификацией главных УЦ)

Архитектура Public Key Infrastructure

Одиночный УЦ



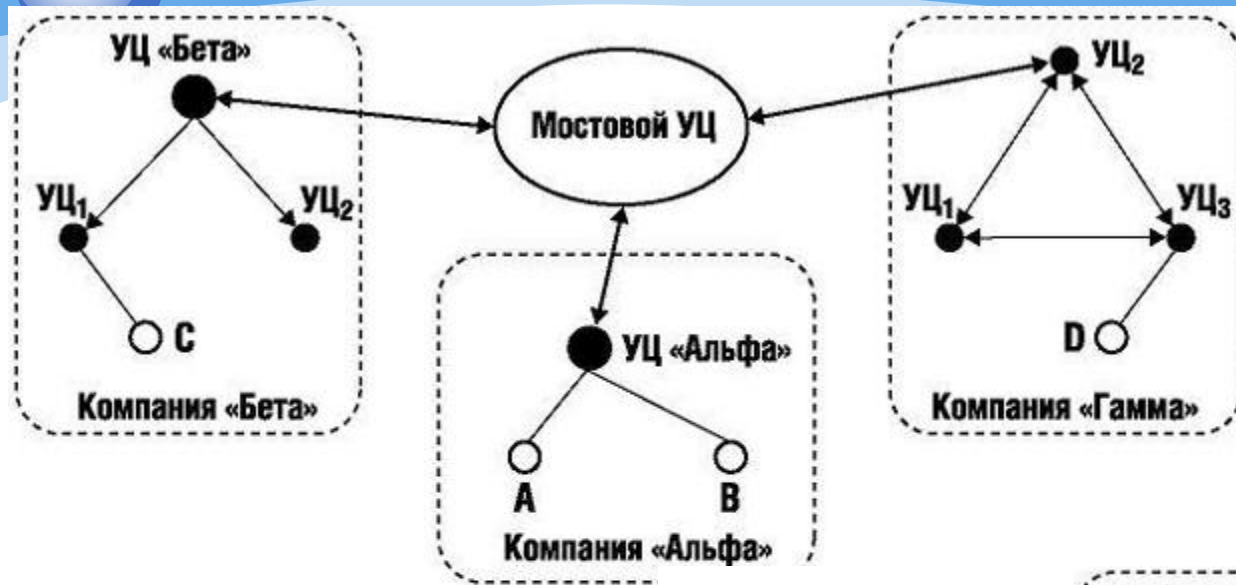
Иерархическая
PKI



Архитектуры РКІ

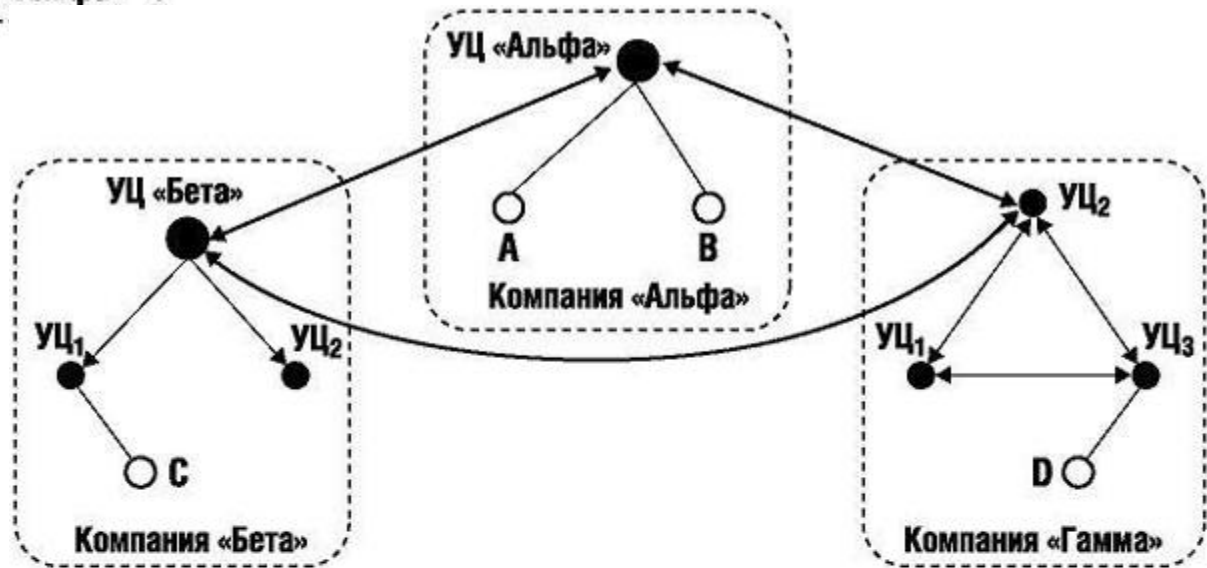
- ❖ 4. Кросс-сертифицированные корпоративные РКІ (смешанный вид иерархической и сетевой архитектур. Есть несколько фирм, у каждой из которых организована какая-то своя РКІ, но они хотят общаться между собой
- ❖ 5. Архитектура мостового УЦ (убирает недостатки сложного процесса сертификации в кросс-сертифицированной корпоративной РКІ. В данном случае все компании доверяют не какой-то одной или двум фирмам, а одному определённом мостовому УЦ, который является практически их головным УЦ)

Архитектура PKI (2)

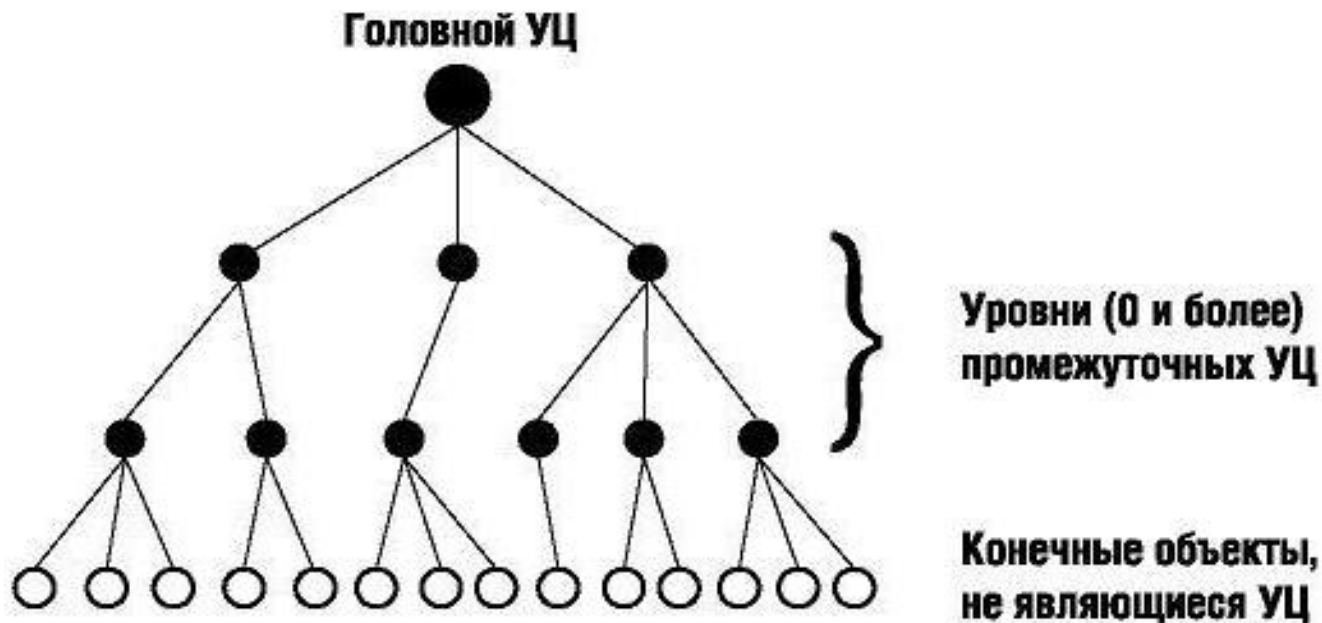


Архитектура мостового УЦ

Кросс-сертифицированные корпоративные PKI

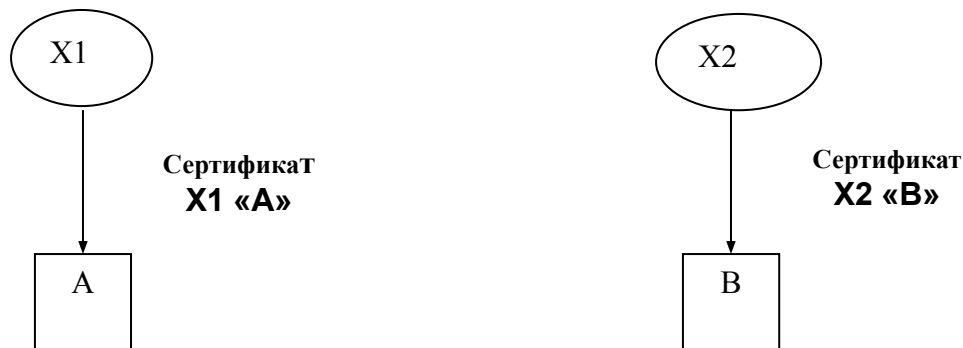


Строгая иерархия удостоверяющих центров



Участники обслуживаются в разных ЦРК.

❖ Сертифицирующие центры – X1 и X2



X1 «А» - удостоверение пользователя А выданное центром сертификации X1

X2 «В» - удостоверение пользователя В выданное центром сертификации X2

А от В: X1 «X2» X2 «В»

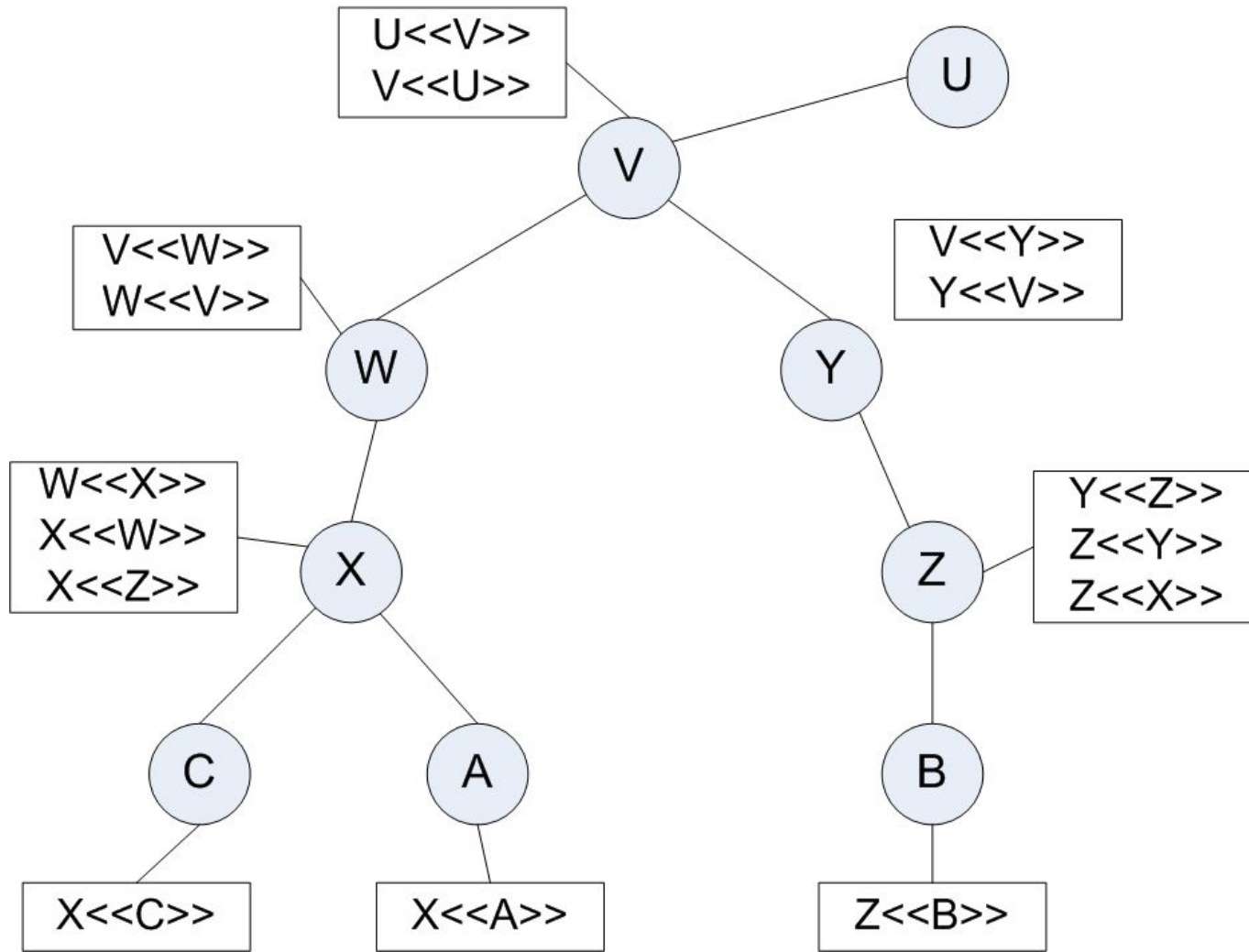
В от А X2 «X1» X1 «А»

X1 «X2» X2 «X3» ... XN «В» - цепочка из N элементов

Построение цепочки доверия

$X \ll W \gg W \ll V \gg V \ll Y \gg Y \ll Z \gg Z \ll B \gg$: от А к В

$Z \ll Y \gg Y \ll V \gg V \ll W \gg W \ll X \gg X \ll A \gg$: от В к А



Прямые, возвратные и самоподписанные сертификаты

- ❖ **Прямые сертификаты.** Сертификаты X, выданные другими центрами сертификации.
- ❖ **Возвратные сертификаты.** Сертификаты, выданные X для сертификации других центров сертификации.
- ❖ **Самоподписанный сертификат.** Открытый ключ для корневой подписи распространяется с автоподписью. Известен всем программным средствам.

Структура иерархической РКИ (1)

- ❖ Имеется главный (корневой) управляющий центр (назовем его $УЦ^1$). Подлинность открытого ключа $УЦ^1$ подтверждается соответствующим юридическим документом. $УЦ^1$ составляет справочники открытых ключей и выдает сертификаты пользователям второго уровня P_i^2 и управляющим центрам второго уровня $УЦ_j^2$. Эти справочники и сертификаты $УЦ^1$ подписывает своим ключом.

Структура иерархической РКІ (2)

Каждый управляющий центр второго уровня обслуживает свою группу пользователей и управляющих центров третьего уровня, подписывая их открытые ключи своим.

В такой системе может быть произвольное количество уровней.

Проверка сертификатов в иерархической РКИ (1)

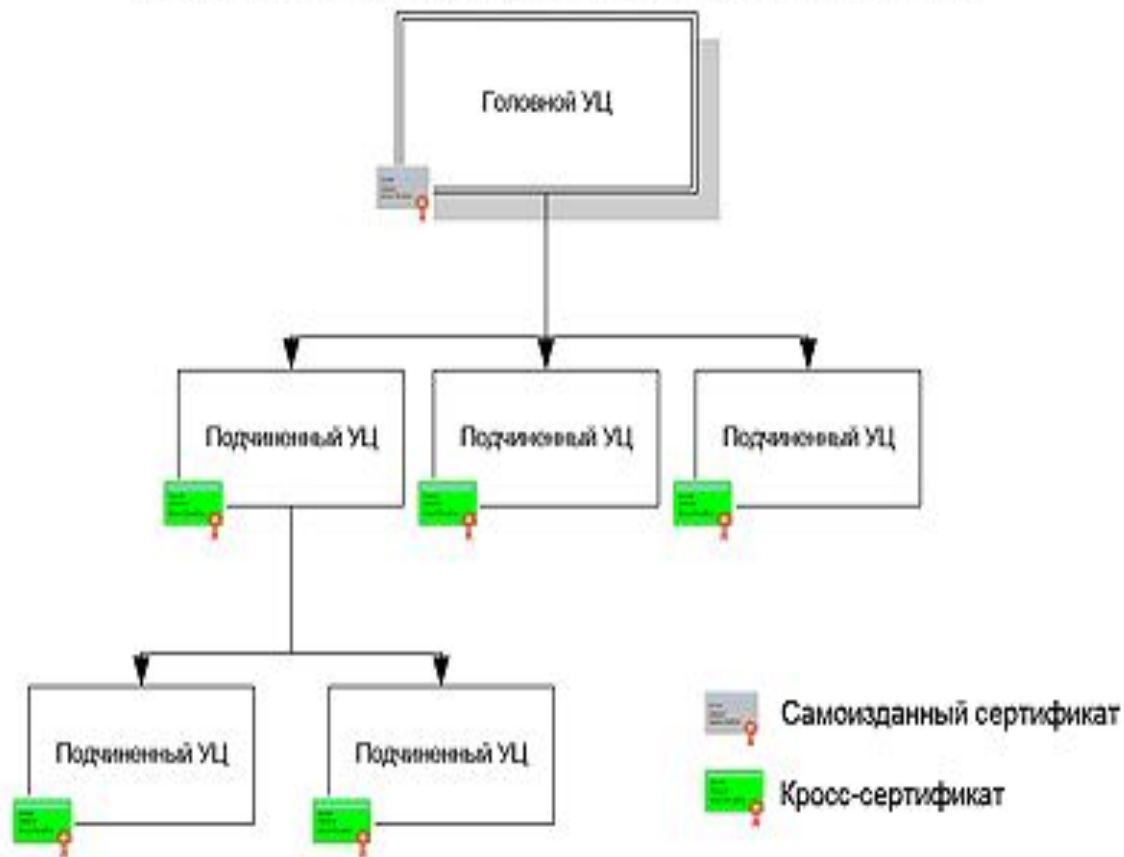
- ❖ Для того, чтобы проверить принадлежность открытого ключа пользователя n -го уровня, необходимо проверить сертификат, выданный соответствующим УЦ $n-1$ -го уровня. Подпись этого УЦ можно проверить по сертификату, выданному УЦ $n-2$ – го уровня, и т. д., а подлинность подписи корневого УЦ гарантируется юридическим документом.

Проверка сертификатов в иерархической РКИ (2)

- ❖ Для того чтобы все пользователи системы могли проверить подлинность сертификатов друг друга, каждый из УЦ, к которому они принадлежат, распределяет между пользователями подписанный этим УЦ справочник открытых ключей, в котором указаны открытые ключи главного УЦ и всех подчиненных УЦ, через которые проходит путь от данного пользователя к главному УЦ

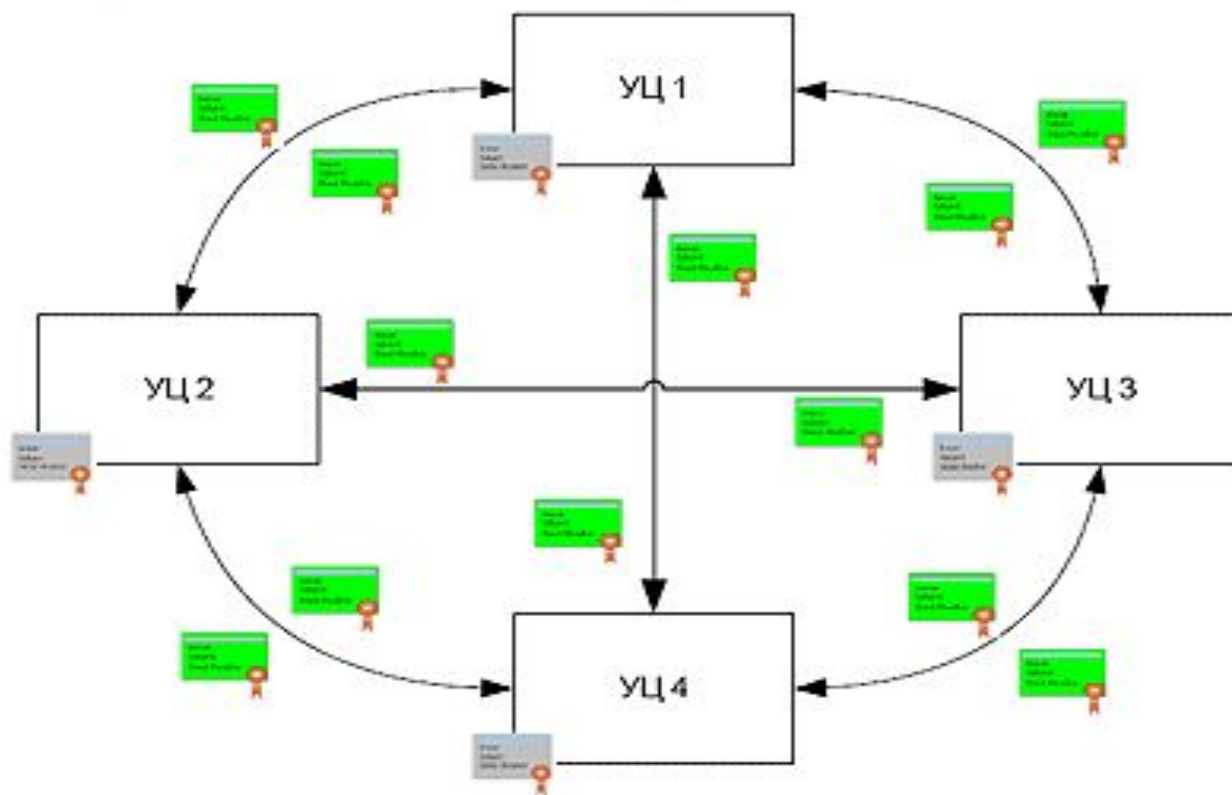
Иерархическая модель доверительных отношений УЦ

Иерархическая модель доверительных отношений УЦ



Распределенная модель доверительных отношений УЦ

Распределенная модель доверительных отношений УЦ



Кросс-сертификаты

В распределенной модели доверительных отношения, все Центры Сертификации удостоверяющих центров имеют самоизданные сертификаты. Удостоверяющие центры устанавливают между собой доверительные отношения попарно, путем выпуска кросс-сертификатов Центров Сертификации. Таким образом, каждый Центр Сертификации помимо самоизданного сертификата является владельцем кросс-сертификатов, в количестве, равном числу Центров Сертификации, с кем были установлены доверительные отношения.