یا ذالامن والامان

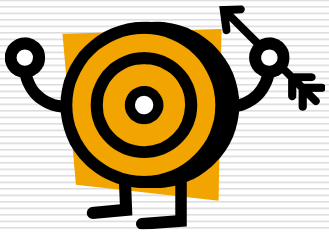
توزیع و مدیریت کلید
Kerberos & X.509

مبتنی بر فصل ۴

ویرایش شده توسط: حمید رضا شهریاری
http://www.aut.ac.ir/shahriari

اهداف

- آشنایی با چگونگی احراز هویت در الگوریتم کربروس



برای دیدن معادل انگلیسی ترجمه‌ها به اسلاید واژه نامه مراجعه نمایید.

افسانه یونانی

- سگ سه سر افسانه یونانی : محافظان دروازه های جهنم!
- سرها نماد:
  - Authentication
  - Authorization
  - Accounting
- اگرچه در عمل تنها احراز هویت اعمال شد.

لغت نامه

انگیزه

- **محیطهای جدید: به صورت توزیع شده**
- **در یک محیط توزیع شده سه روش برای امنیت:**
  - اعتماد به ایستگاه کاری در معرفی کردن کاربران خود و اعمال سیاست امنیتی مبتنی بر شناسه کاربران
  - نیاز به احراز هویت سیستمهای client توسط کارگزار
    ولی اعتماد به سیستمهای client نسبت به احراز هویت کاربران خود
  - نیاز به احراز هویت هر یک از کاربران نسبت به سرویس درخواستی و بالعکس

کربروس

- احراز هویت بر اساس رمز نگاری کلید مخفی (متقارن)
- طراحی شده در دانشگاه MIT
- به جای احراز هویت در هر کارگزار به صورت توزیع شده، یک کارگزار خاص را به احراز هویت اختصاص می‌دهیم
- نسخه ۵ آن در حال استفاده است.
  - طی RFC 1510 معرفی شد که بعدا با RFC 4120 در سال ۲۰۰۵ جایگزین شد.

نیازمندیها/ویژگیهای عمومی کربروس

- عمومی‌بودن(Common)
  - در محیط توزیع شده همراه با سرورهای متمرکز و غیر متمرکز
- امنیت (Security)
  - ادعای اصلی
- اطمینان (Reliability)
  - اطمینان از دسترس‌پذیری کارگزار احراز هویت (کربروس)
- شفافیت (Transparency)
  - کاربران باید سیستم را همانند یک سیستم ساده «*شناسه و گذرواژه*» ببینند.
- مقیاس پذیری (Scalability)
  - قابلیت کار با تعداد زیادی ماشین کاربر و کارگزار

لغت نامه

ویژگیهای عمومی کربروس

- چند تعریف
  - دامنه(domain) یا قلمرو (realm) : یک محدوده دسترسی را مشخص می‌کند. به نوعی معادل دامنه‌های تعریف شده در ویندوز می‌باشد.
  - مرکز توزیع کلید: معادل کارگزار کربروس می‌باشد.
  - Principal : به سرویس ها، دستگاه ها، کاربران و کلیه عناصری که احتیاج به شناساندن خود به کارگزار کربروس دارند، گفته می‌شود.

کربروس

- **برای معرفی کربروس به صورت گام به گام از پروتکلهای ساده شروع می‌کنیم و سعی می‌کنیم اشکالات هر یک را برطرف کنیم تا به کربروس برسیم.**

دیالوگ ساده احراز هویت-۰

فرض: بین AS و هر کارگزار یک کلید مشترک وجود دارد.

درخواست خدمات توسط کارفرما از کارگزار:

1. ***Client → AS:*** $\mathbf{ID_{client} \,||\, Pass_{Client} \,||\, ID_{Server}}$
2. ***AS → Client:*** ***Ticket***
3. ***Client → Server:*** $\mathbf{ID_{client} \,||\, Ticket}$

AS : Authentication Server *کارگزار احراز هویت*

$\boldsymbol{E_{Kserver}}$***: Shared key between AS and Server***

$\boldsymbol{Ticket = E_{Kserver}\,[ID_{client} \,||\, Addr_{client} \,||\, ID_{server}]}$

بلیت

در واقع نوعی گواهی است که هنگام ورود کاربر به قلمرو کربروس به او داده می‌شود که بیانگر اعتبار او برای دسترسی به منابع شبکه می‌باشد.

بررسی دیالوگ

- چرا آدرس کارفرما (Client) در بلیت آورده می‌شود؟
  - در غیر این صورت هر شخصی که بلیت را از طریق شنود به دست آورد نیز می‌تواند از امکانات استفاده کند. اما اکنون تنها خدمات به آدرس ذکر شده در بلیت ارایه می‌شود.
    - مشکل جعل آدرس

- چرا شناسه کارفرما ID_{client} در گام سوم به صورت رمز نشده ارسال می‌شود؟
  - زیرا این اطلاعات به صورت رمزنگاری شده در بلیت وجود دارد.
  - اگر شناسه با بلیت مطابقت نداشته باشد خدمات ارایه نمی‌شوند.

مشکلات دیالوگ ساده احراز هویت-۰

- ناامنی
  - ارسال کلمه عبور بدون رمزگذاری (به شکل متن واضح)
  - امکان حمله تکرار
- ناکارآیی
  - لزوم تقاضای بلیت جدید برای هر خدمات

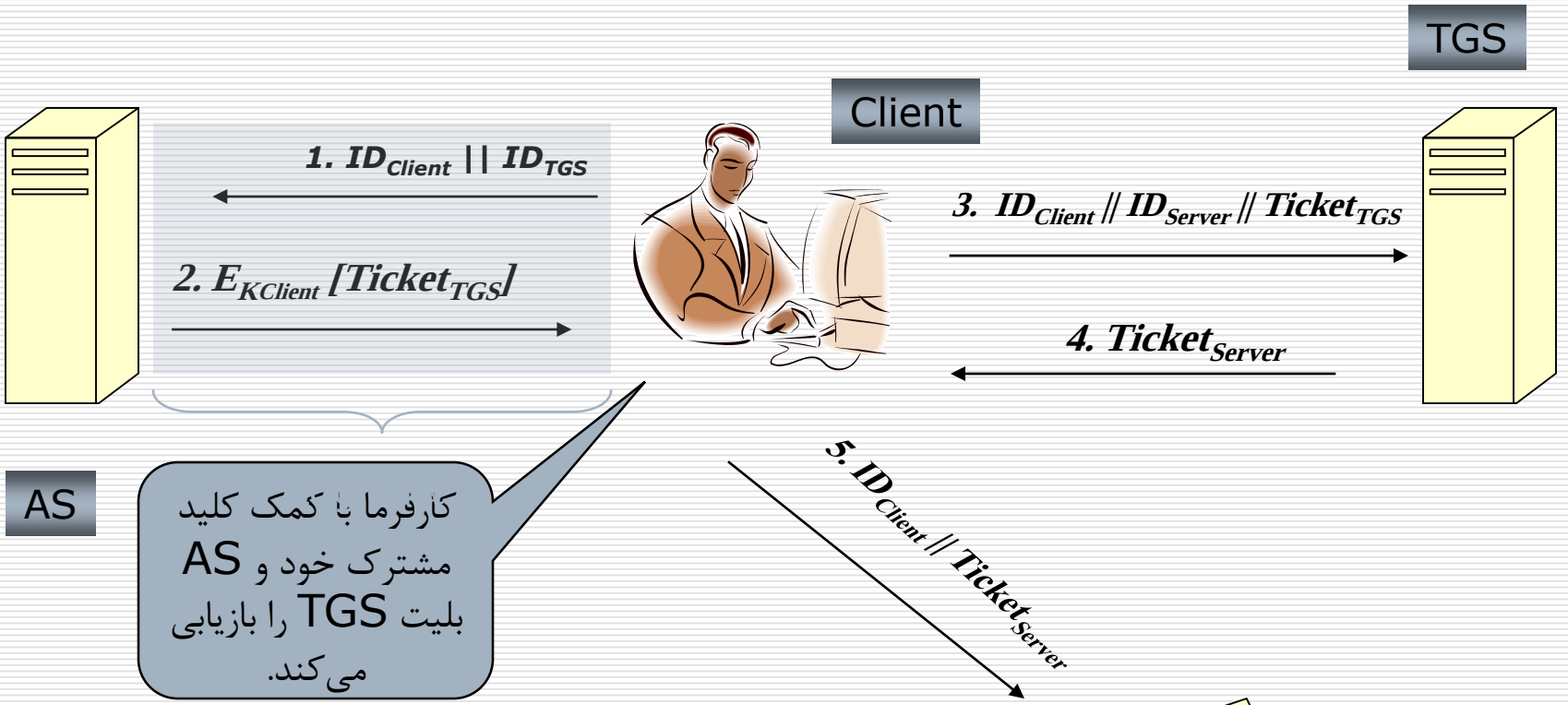
استفاده مجدد از بلیت‌ها

- چرا استفاده مجدد از بلیت‌ها (Tickets) اهمیت دارد؟
  - جلوگیری از تایپ مجدد گذرواژه در یک بازه زمانی کوتاه
  - شفافیت احراز هویت
    - کاربر متوجه فرآیندهای احراز هویت نمی‌شود.

افزایش ایمنی-دیالوگ ۱

- استفاده از یک کارگزار جدید با نام کارگزار اعطا کننده بلیت
  - TGS: Ticket Granting Server
- کارگزار احراز هویت، AS ، کماکان وجود دارد.
  - بلیت «اعطای بلیت» ticket-granting ticket توسط آن صادر می‌شود.
- اگرچه بلیتهای اعطای خدمات توسط TGS صادر می‌شوند.
  - بلیت «اعطای خدمات» service-granting ticket
- اجتناب از انتقال گذرواژه با رمز کردن پیام کارگزار احراز هویت (AS) به کارفرما توسط کلید مشتق شده از گذرواژه

افزایش ایمنی -دیالوگ ۱



$$Ticket_{TGS} = E_{K_{TGS}}[ID_{Client} \| Addr_{Client} \| ID_{TGS} \| Timestamp_1 \| Lifetime_1]$$

$$Ticket_{Server} = E_{K_{Server}}[ID_{Client} \| Addr_{Client} \| ID_{Server} \| Timestamp_2 \| Lifetime_2]$$

لغت نامه

افزایش ایمنی -دیالوگ ۱

- پیامهای شماره یک و دو به ازای هر جلسه Log on رد و بدل می‌شوند.
- پیامهای شماره سه و چهار به ازای هر نوع خدمات رد و بدل می‌شوند.
- پیام شماره پنج به ازای هر جلسه خدمات رد و بدل می‌شود.

1. *Client → AS:* $ID_{Client} \,||\, ID_{TGS}$
2. *AS → Client:* $E_{KClient}\,[Ticket_{TGS}]$
3. *Client → TGS:* $ID_{Client} \,||\, ID_{Server} \,||\, Ticket_{TGS}$
4. *TGS → Client:* $Ticket_{Server}$
5. *Client → Server:* $ID_{Client} \,||\, Ticket_{Server}$

محتوی بلیت‌ها

بلیت اعطای بلیت :

$$Ticket_{TGS} = E_{K_{TGS}} [ID_{Client} \| Addr_{Client} \| ID_{TGS} \| Timestamp_1 \| Lifetime_1]$$

بلیت اعطای خدمات :

$$Ticket_{Server} = E_{K_{Server}} [ID_{Client} \| Addr_{Client} \| ID_{Server} \| Timestamp_2 \| Lifetime_2]$$

ویژگی های دیالوگ ۱

- دو بلیت صادر شده ساختار مشابهی دارند. در اساس به دنبال هدف واحدی هستند.
- رمزنگاری $Ticket_{TGS}$ جهت احراز هویت
  - تنها کارفرما می‌تواند به بلیت رمزشده دسترسی پیدا کند.
- رمز نمودن محتوای بلیتها صحت (Integrity) را فراهم می‌کند.
- استفاده از مهر زمانی (Timestamp) در بلیتها آنها را برای یک بازه زمانی تعریف شده قابل استفاده مجدد می‌کند.
- هنوز از آدرس شبکه برای احراز هویت بهره می‌گیرد.
  - چندان جالب نیست زیرا آدرس شبکه جعل (Spoof) می‌شود.
  - با این حال، درجه ای از امنیت مهیا می‌شود

نقاط ضعف دیالوگ ۱

- مشکل زمان اعتبار بلیتها:
  - زمان کوتاه : نیاز به درخواست های زیاد گذرواژه
  - زمان بلند : خطر حمله تکرار
- احراز هویت یک سویه : عدم احراز هویت کارگزار توسط کارفرما
  - رسیدن درخواست‌ها به یک کارگزارغیرمجاز

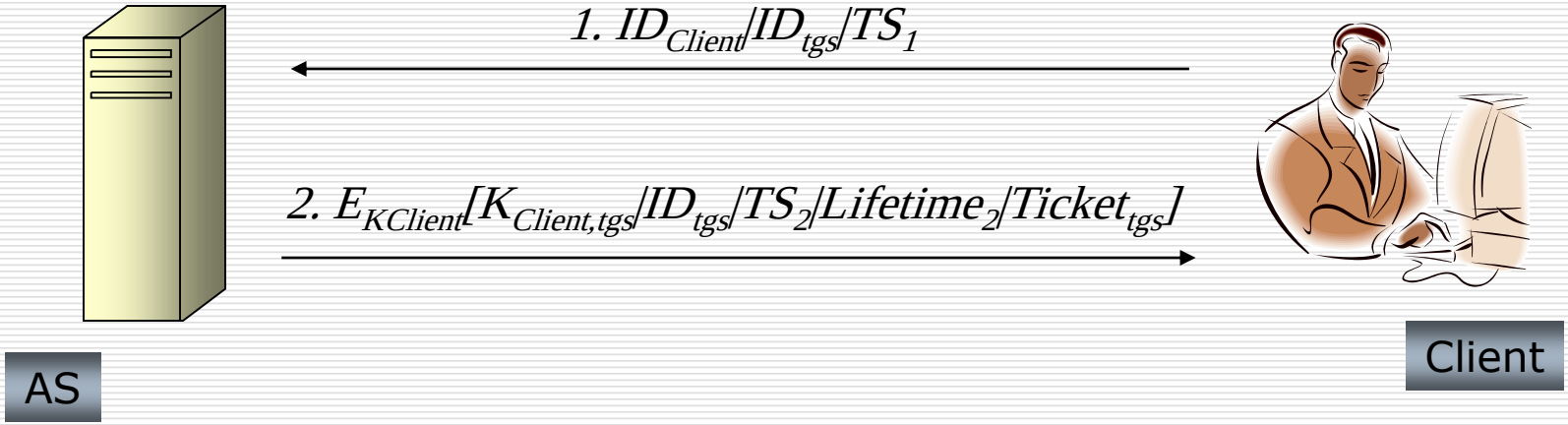
کربروس نسخه ۴

- توسعه یافته پروتکل های قبلی است.
- مشکل حمله تکرار حل شده است.
- احراز هویت دو جانبه (mutual) برقرار می‌شود.
  - کارگزاران و کارفرمایان هر دو از هویت طرف مقابل اطمینان حاصل می‌کنند

مقابله با حمله تکرار

- **یک نیاز جدید:** کارگزار یا TGS باید اطمینان یابد که کاربر بلیت همان کسی است که بلیت برای او صادر شده.
- مفهوم جدیدی به نام اعتبار نامه (Authenticator) ابداع شده است:
  - علاوه بر بلیت‌ها از مفهوم کلید جلسه بهره می‌جوید.

کربروس نسخه ۴: بررسی الگوریتم-۱

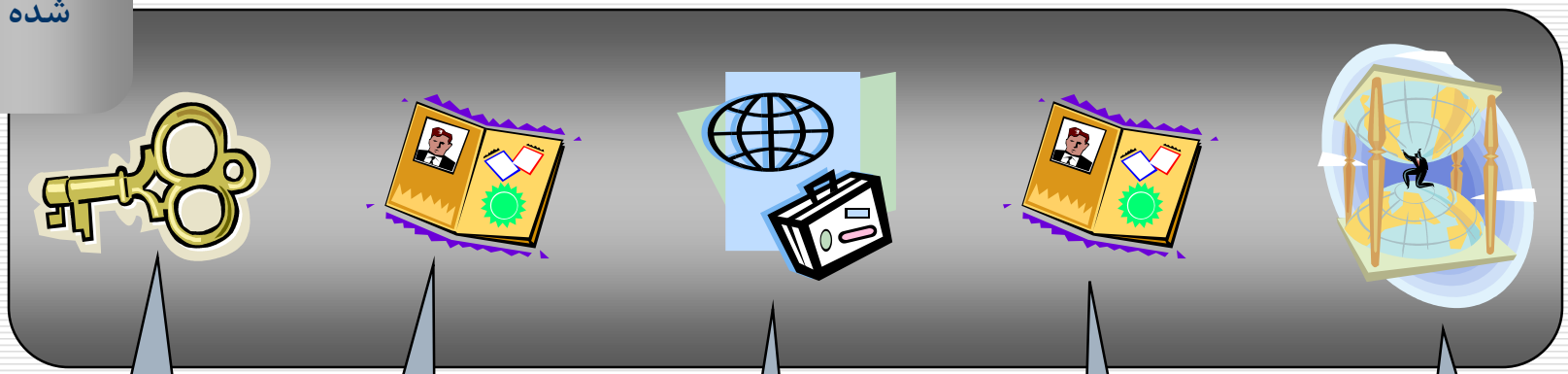


$$Ticket_{tgs}=E_{Ktgs}[K_{Client,tgs}/ID_{Client}/Addr_{Client}/ID_{tgs}/TS_2/Lifetime_2]$$

بلیت TGS

تمامی با کلید رمز TGS شده اند

$$Ticket_{tgs}=E_{Ktgs}[K_{Client,tgs}|ID_{Client}|Addr_{Client}|ID_{tgs}|TS_2|Lifetime_2]$$



کلید جلسه بین کارفرما و TGS

شناسه کارفرما

آدرس کارفرما

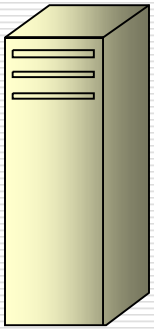
شناسه TGS

مهر زمانی و دوره اعتبار بلیت

نتایج این مرحله برای کارفرما

- بدست آوردن امن بلیت "اعطای بلیت" از AS
- بدست آوردن زمان انقضای بلیت(TS_2)
- بدست آوردن **کلید جلسه** امن بین کارفرما و TGS

بدست آوردن بلیت «اعطای خدمات»



TGS

۳. $ID_{server} / Ticket_{tgs} / Authenticator_{Client}$

۴. $E_{K_{Client,tgs}} [K_{Client,server} / ID_{server} / TS_4 / Ticket_{server}]$

Client

$Ticket_{Server} =$

$E_{Kserver} [K_{Client,server} / ID_{Client} / Addr_{Client} / ID_{server} / TS_4 / Lifetime_4]$

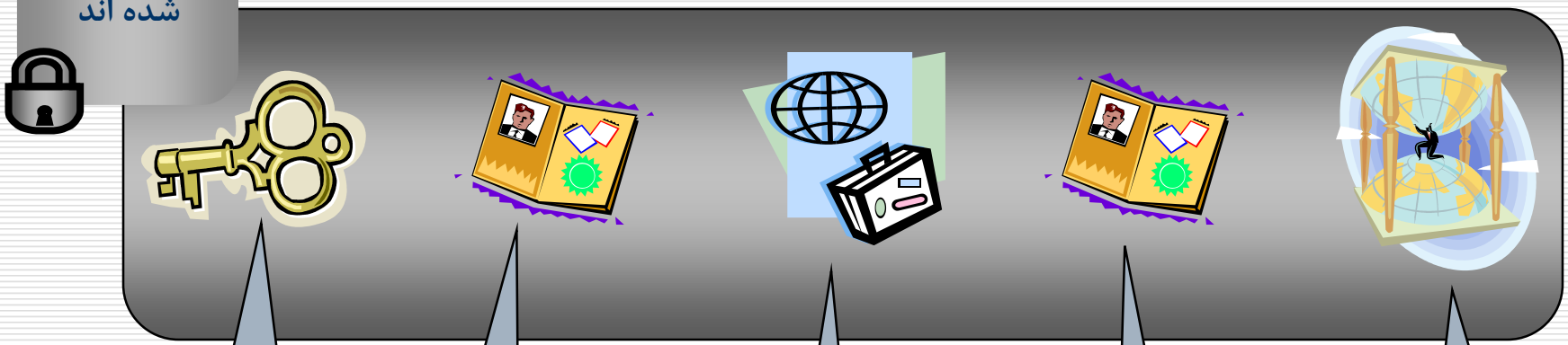
$Authenticator_{Client} =$

$E_{KClient,tgs} [ID_{Client} / Addr_{Client} / TS_3]$

بلیت کارگزار

تمامی با کلید کارگزار رمز شده اند

$$Ticket_{Server} = E_{Kserver}[K_{Client,server}|ID_{Client}|Addr_{Client}|ID_{server}|TS_4|Lifetime_4]$$



کلید جلسه بین کارفرما و کارگزار

شناسه کارفرما

آدرس کارفرما

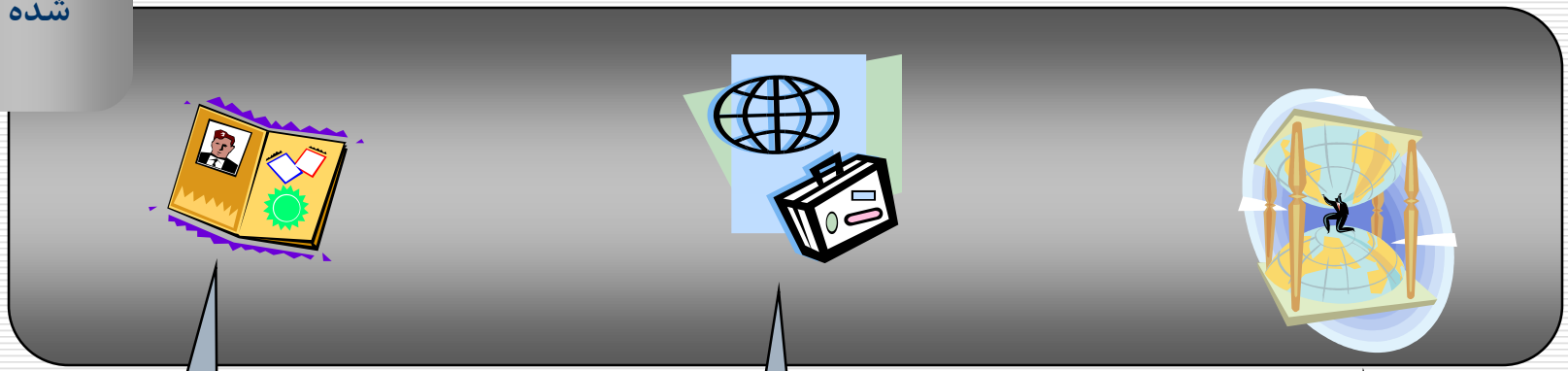
شناسه TGS

مهر زمانی و دوره اعتبار بلیت

اعتبار نامه کارفرما

تمامی با کلید جلسه رمز شده اند

$$Authenticator_{Client} = E_{KClient,tgs}[ID_{Client}/Addr_{Client}/TS_3]$$



شناسه کارفرما

آدرس کارفرما

مهر زمانی

لغت نامه

نتایج این مرحله برای کارفرما

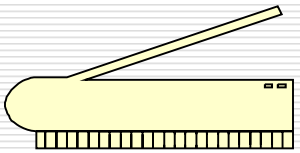
- جلوگیری از حمله تکرار با استفاده از یک اعتبار نامه (*Authenticator*) یک بار مصرف که عمر کوتاهی دارد.
- بدست آوردن کلید جلسه برای ارتباط با سرور

دستیابی به خدمات سرور

Client

5. $Ticket_{Server}|Authenticator_{Client}$

6. $E_{K_{Client,Server}}[TS_5+1]$



Server

نتایج این مرحله برای کارفرما

- احراز هویت کارگزار در گام ششم با برگرداندن پیغام رمزشده
- جلوگیری از بروز حمله تکرار

کربروس نسخه ۴: شمای کلی

(a) Authentication Service Exchange: to obtain ticket-granting ticket

(1) C → AS: $ID_c \| ID_{tgs} \| TS_1$

(2) AS → C: $E_{K_c}\left[K_{c,tgs} \| ID_{tgs} \| TS_2 \| Lifetime_2 \| Ticket_{tgs}\right]$

$$Ticket_{tgs} = E_{K_{tgs}}\left[K_{c,tgs} \| ID_C \| AD_C \| ID_{tgs} \| TS_2 \| Lifetime_2\right]$$

(b) Ticket-Granting Service Exchange: to obtain service-granting ticket

(3) C → TGS: $ID_v \| Ticket_{tgs} \| Authenticator_c$

(4) TGS → C: $E_{K_{c,tgs}}\left[K_{c,v} \| ID_v \| TS_4 \| Ticket_v\right]$

$$Ticket_{tgs} = E_{K_{tgs}}\left[K_{c,tgs} \| ID_C \| AD_C \| ID_{tgs} \| TS_2 \| Lifetime_2\right]$$

$$Ticket_v = E_{K_v}\left[K_{c,v} \| ID_C \| AD_C \| ID_v \| TS_4 \| Lifetime_4\right]$$

$$Authenticator_c = E_{K_{tgs}}\left[ID_C \| AD_C \| TS_3\right]$$

(c) Client/Server Authentication Exchange: to obtain service

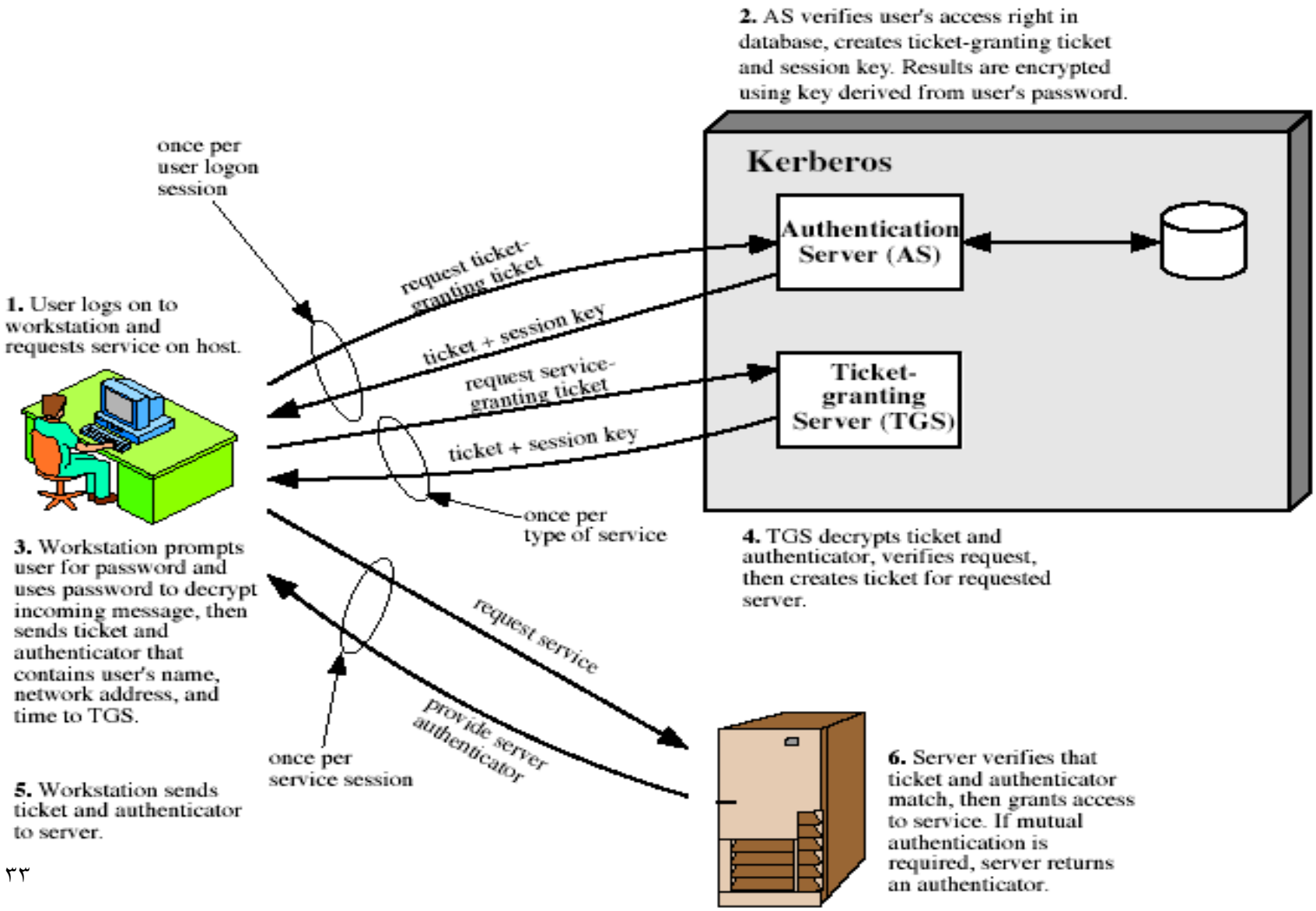
(5) C → V: $Ticket_v \| Authenticator_c$

(6) V → C: $E_{K_{c,v}}\left[TS_5 + 1\right]$ (for mutual authentication)

$$Ticket_v = E_{K_v}\left[K_{c,v} \| ID_C \| AD_C \| ID_v \| TS_4 \| Lifetime_4\right]$$

$$Authenticator_c = E_{K_{c,v}}\left[ID_C \| AD_C \| TS_5\right]$$

کربروس نسخه ۴: شمای کلی



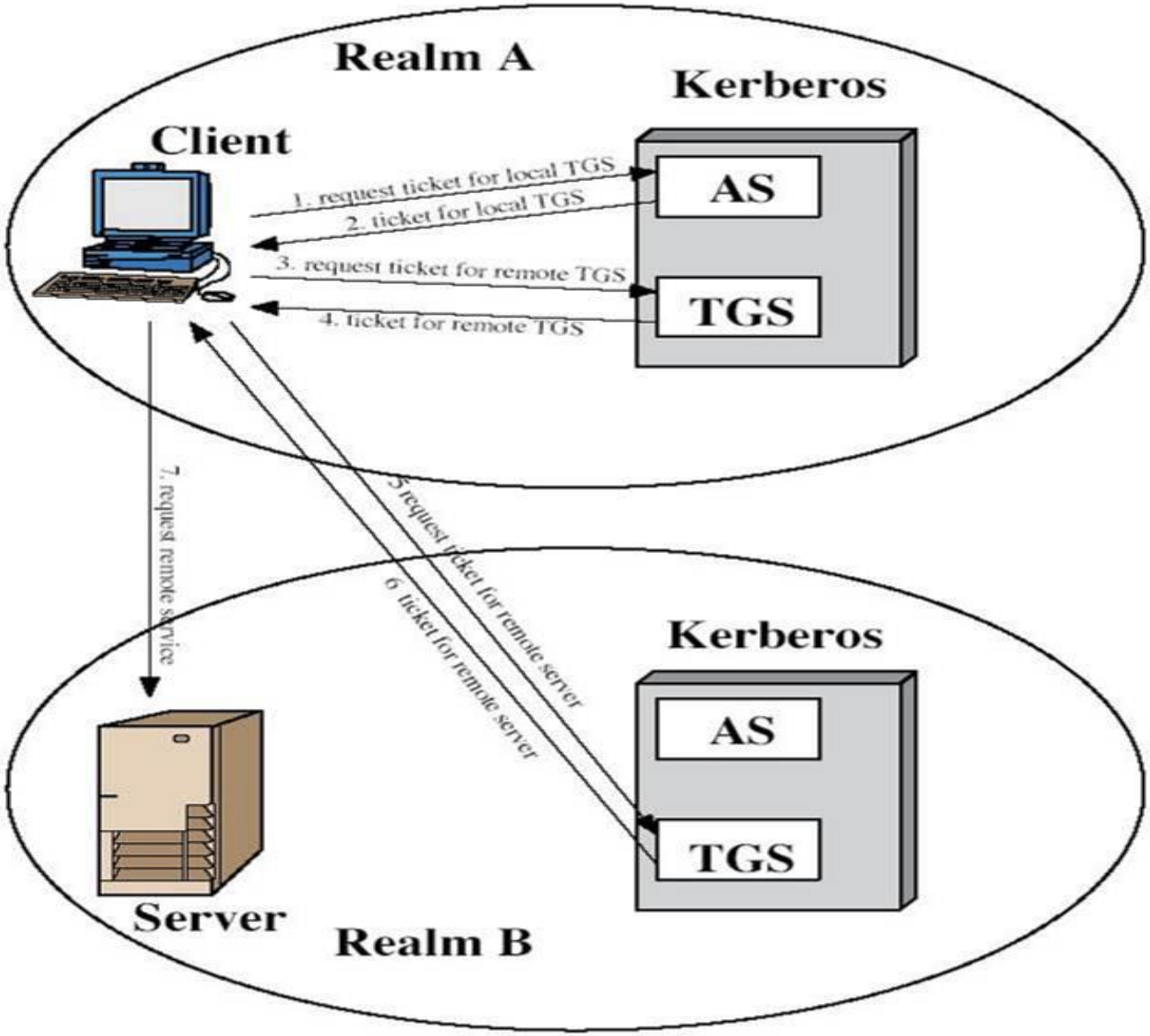
قلمرو کربروس (realm)

- قلمرو کربروس از بخش‌های زیر تشکیل شده است:
  - کارگزار کربروس
  - کارفرمایان
  - کارگزاران کاربردی Application Servers
- کارگزار کربروس گذرواژه تمام کاربران را در پایگاه داده خود دارد.
- کارگزار کربروس با هر کارگزار کاربردی کلیدی مخفی به اشتراک گذاشته است.
- معمولاً هر قلمرو معادل یک حوزه مدیریتی است.

احراز هویت بین قلمرویی (InterRealm)

- امکان این که کاربران بتوانند از خدمات موجود در قلمروهای دیگر استفاده کنند.
  - کارگزاران کربروس هر قلمرو، یک کلید مخفی با کارگزاران کربروس قلمرو همکار مقابل به اشتراک می‌گذارند.
  - وجود ***N*** قلمرو همکار نیازمند ***N(N-1)/2*** کلید مخفی است.
  - دو کارگزار کربروس همدیگر را ثبت نام می‌کنند.

احراز هویت بین قلمرویی



کربروس نسخه ۵

- مشخصات
  - در اواسط ۱۹۹۰ مطرح شد
  - نقص‌ها و کمبودهای نسخه قبلی را برطرف کرده است
  - به عنوان استاندارد اینترنتی ***RFC 1510*** در نظر گرفته شده است.
  - ویندوز ۲۰۰۰ از استاندارد اینترنتی کربروس نسخه ۵ به عنوان روش اصلی احراز هویت کاربران استفاده می‌کند.

مشکلات Kerberos v4 و نحوه رفع آنها در نسخه ۵

- وابستگی به یک سیستم رمزنگاری خاص(DES)
  + در نسخه ۵ می‌توان از هر الگوریتم متقارن استفاده کرد
- وابستگی به IP
  + در نسخه ۵ می‌توان از هر آدرس شبکه(مثلا OSI یا IP) استفاده کرد
- محدود بودن زمان اعتبار بلیتها
  + در نسخه ۵ این محدودیت وجود ندارد

مشکلات Kerberos v4 و نحوه رفع آنها در نسخه ۵

- امکان انتقال اعتبار یک کاربر به یک سرور دیگر وجود ندارد

+ مثلا DBMS نیاز دارد برای پاسخ دادن به پرس و جوی کاربر، برخی داده‌ها را از یک پایگاه داده دیگر بگیرد.

- با افزایش تعداد قلمروها، تعداد کلیدها بصورت تصاعدی افزایش می‌یابد

+ در نسخه ۵ این مشکل حل شده است.

کربروس نسخه ۵: شمای کلی

(a) Authentication Service Exchange: to obtain ticket-granting ticket

(1) $C \rightarrow AS$: $Options \| ID_c \| Realm_c \| ID_{tgs} \| Times \| Nonce_1$

(2) $AS \rightarrow C$: $Realm_c \| ID_c \| Ticket_{tgs} \| E_{Kc}[K_{c,tgs} \| Times \| Nonce_1 \| Realm_{tgs} \| ID_{tgs}]$

$Ticket_{tgs} = E_{K_{tgs}}[Flags \| K_{c,tgs} \| Realm_c \| ID_c \| AD_c \| Times]$

(b) Ticket-Granting Service Exchange: to obtain service-granting ticket

(3) $C \rightarrow TGS$: $Options \| ID_v \| Times \| \| Nonce_2 \| Ticket_{tgs} \| Authenticator_c$

(4) $TGS \rightarrow C$: $Realm_c \| ID_c \| Ticket_v \| E_{K_{c,tgs}}[K_{c,v} \| Times \| Nonce_2 \| Realm_v \| ID_v]$

$Ticket_{tgs} = E_{K_{tgs}}[Flags \| K_{c,tgs} \| Realm_c \| ID_c \| AD_c \| Times]$

$Ticket_v = E_{K_v}[Flags \| K_{c,v} \| Realm_c \| ID_c \| AD_c \| Times]$

$Authenticator_c = E_{K_{c,tgs}}[ID_c \| Realm_c \| TS_1]$

(c) Client/Server Authentication Exchange: to obtain service

(5) $C \rightarrow TGS$: $Options \| Ticket_v \| Authenticator_c$

(6) $TGS \rightarrow C$: $E_{K_{c,v}}[TS_2 \| Subkey \| Seq\#]$

$Ticket_v = E_{K_v}[Flags \| K_{c,v} \| Realm_c \| ID_c \| AD_c \| Times]$

$Authenticator_c = E_{K_{c,V}}[ID_c \| Realm_c \| TS_2 \| Subkey \| Seq\#]$

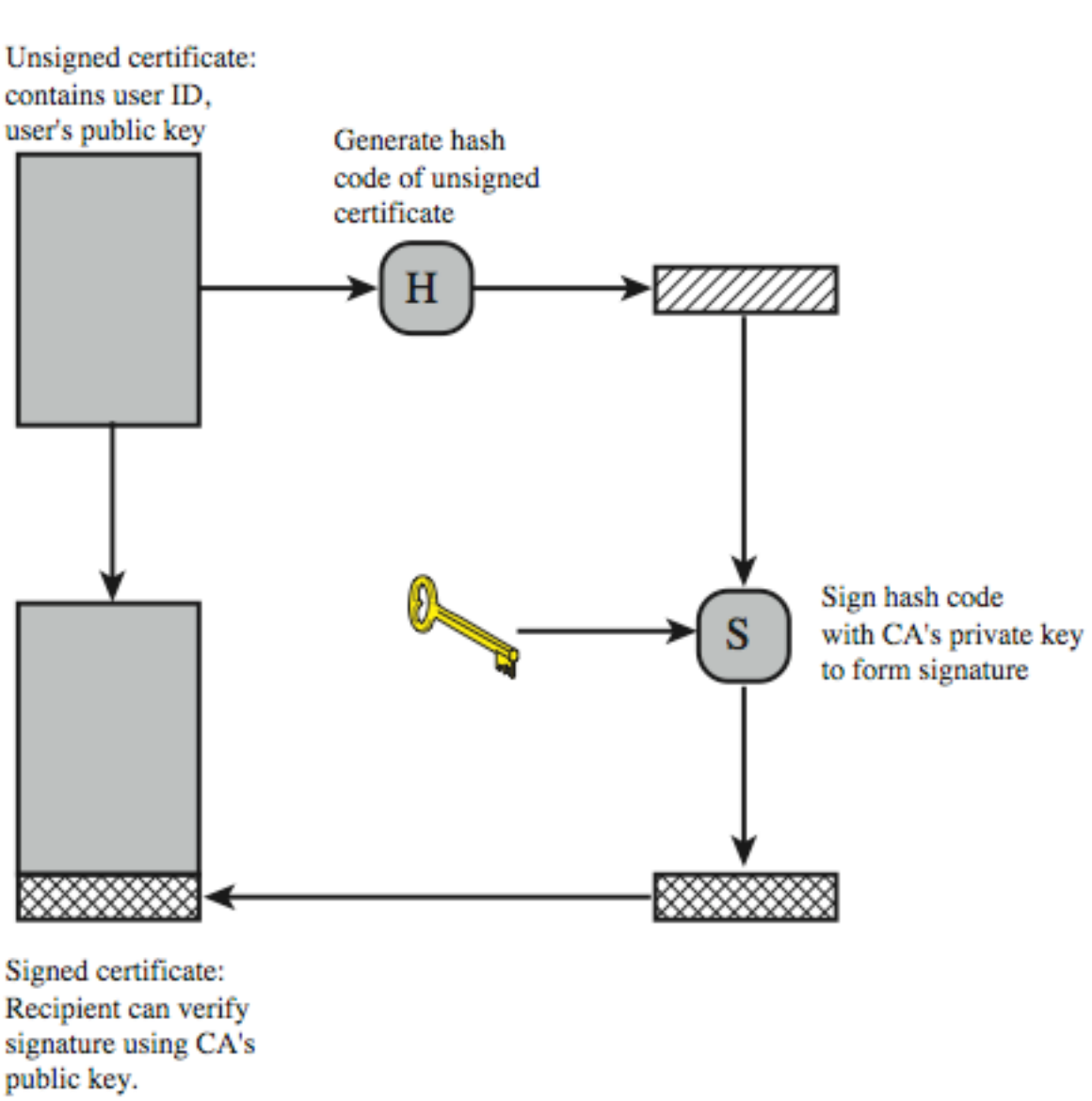
پیاده سازی های موجود

- دانشگاه MIT : اولین پیاده سازی کربروس که هنوز به عنوان مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد
  - http://web.mit.edu/kerberos/

- Active Directory : پیاده سازی ارائه شده توسط مایکروسافت

توزیع کلید عمومی و گواهی های کلید عمومی

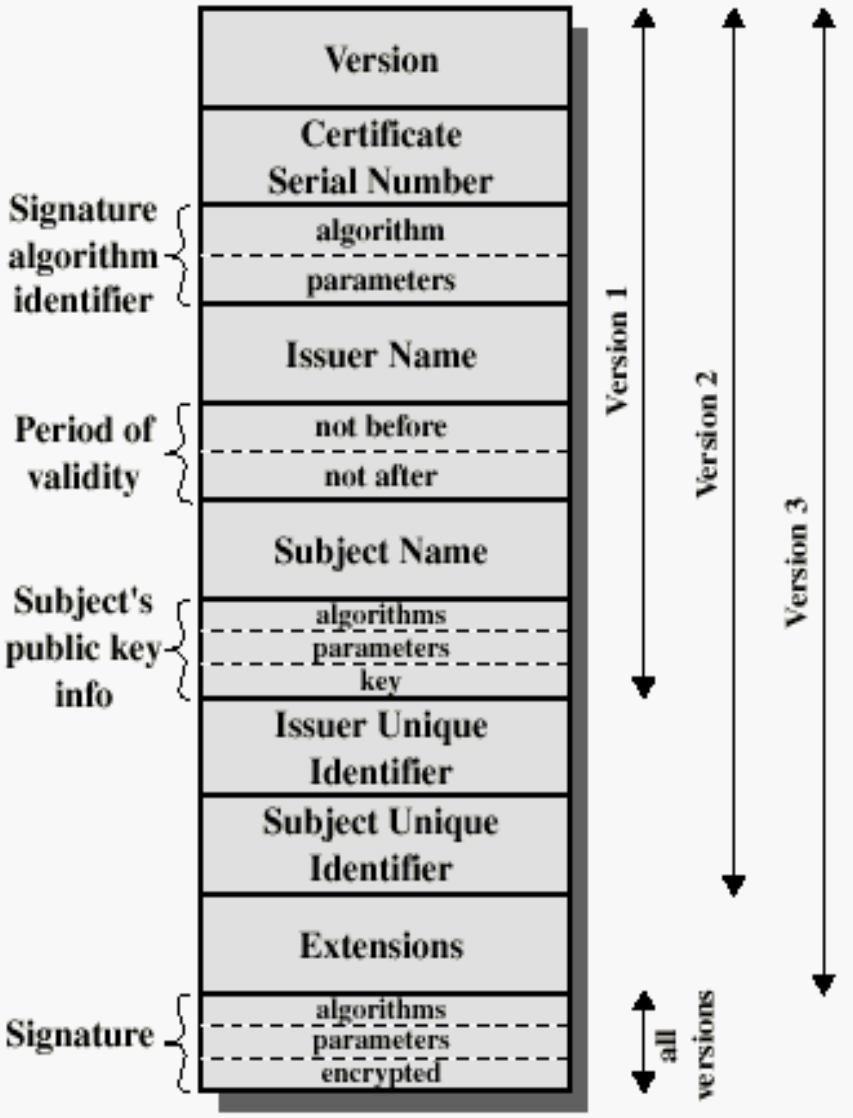
X.509 Certificate Use



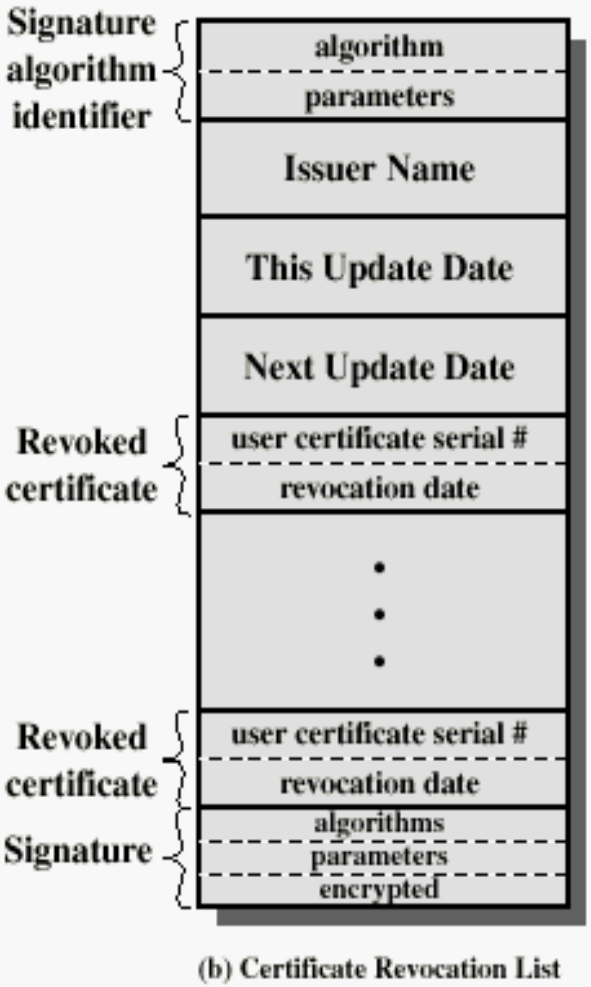
X.509 Authentication Service

- Distributed set of servers that maintains a database about users.
- Each certificate contains the public key of a user and is signed with the private key of a CA.
- Is used in S/MIME, IP Security, SSL/TLS and SET.
- RSA is recommended to use.

X.509 Formats

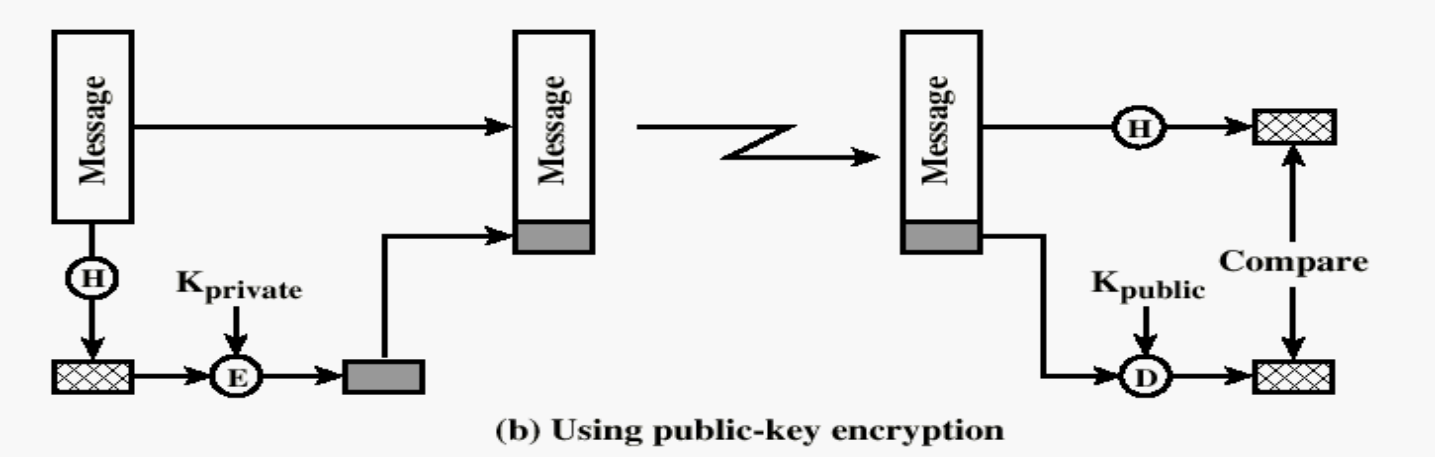


(a) X.509 Certificate



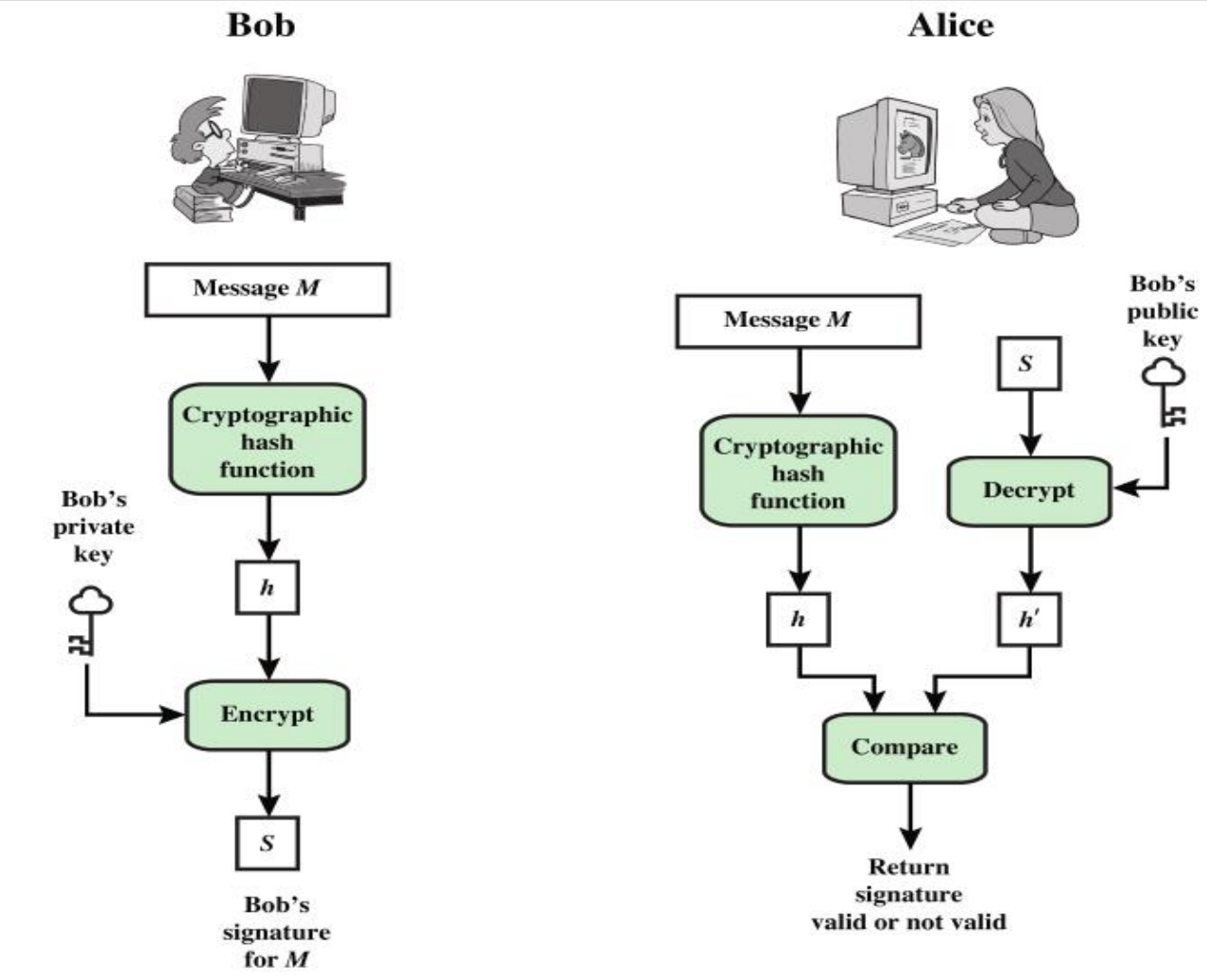
(b) Certificate Revocation List

Typical Digital Signature Approach



(b) Using public-key encryption

Essentials elements of Digital Signature



Obtaining a User's Certificate

- Characteristics of certificates generated by CA:
  - Any user with access to the public key of the CA can recover the user public key that was certified.
  - No part other than the CA can modify the certificate without this being detected.

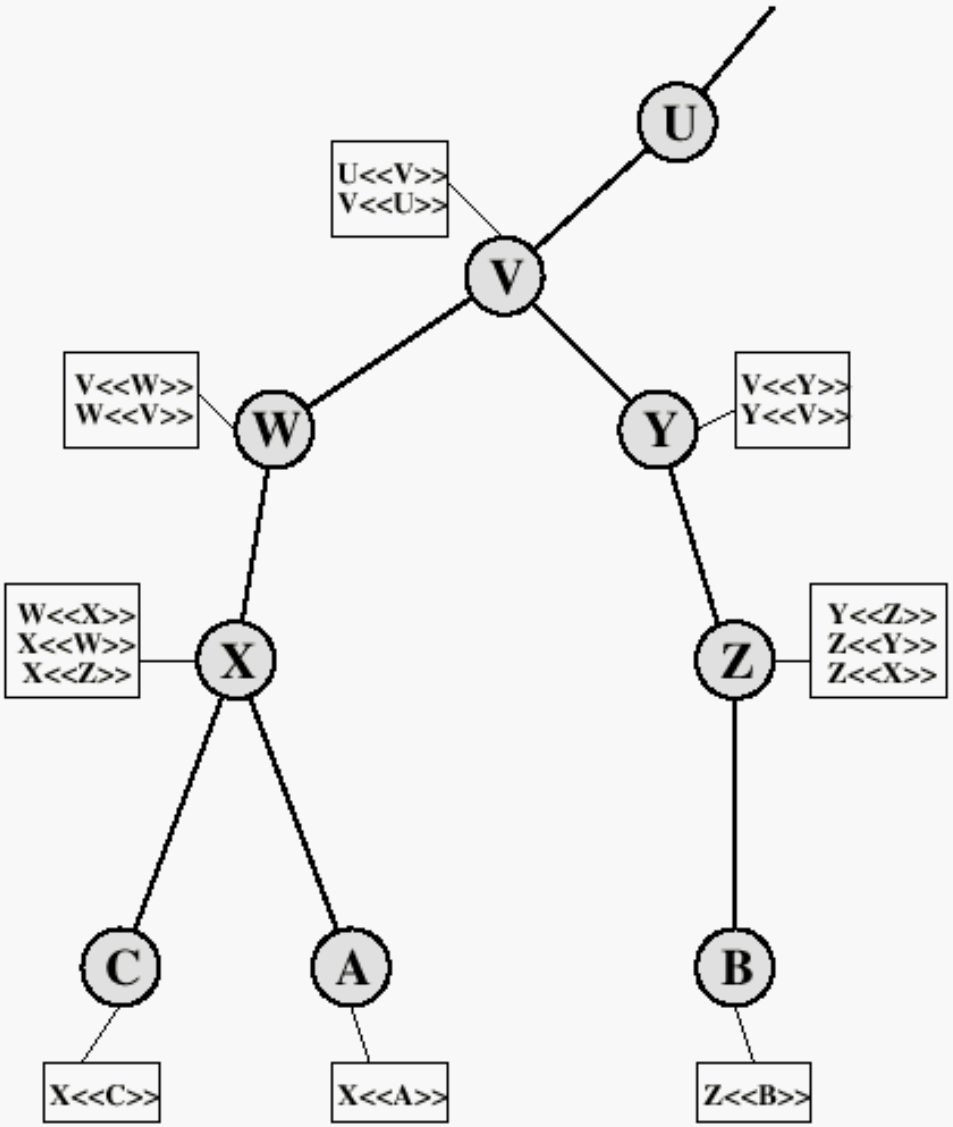
X.509 notations

- Y <<X>>
  - The certificate of user X issued by certificate authority Y
- Y{I}
  - The signing of I by Y

Problem!

- How two users with different CAs, can authenticate each other?
  - X1 <<A>> ? X2 <<B>>
- Solution:
  - Two CAs securely exchange public keys:
    - X1 <<X2>>
    - X2 <<X1>>
  - Now: How can A acquire B's public key?

X.509 CA Hierarchy



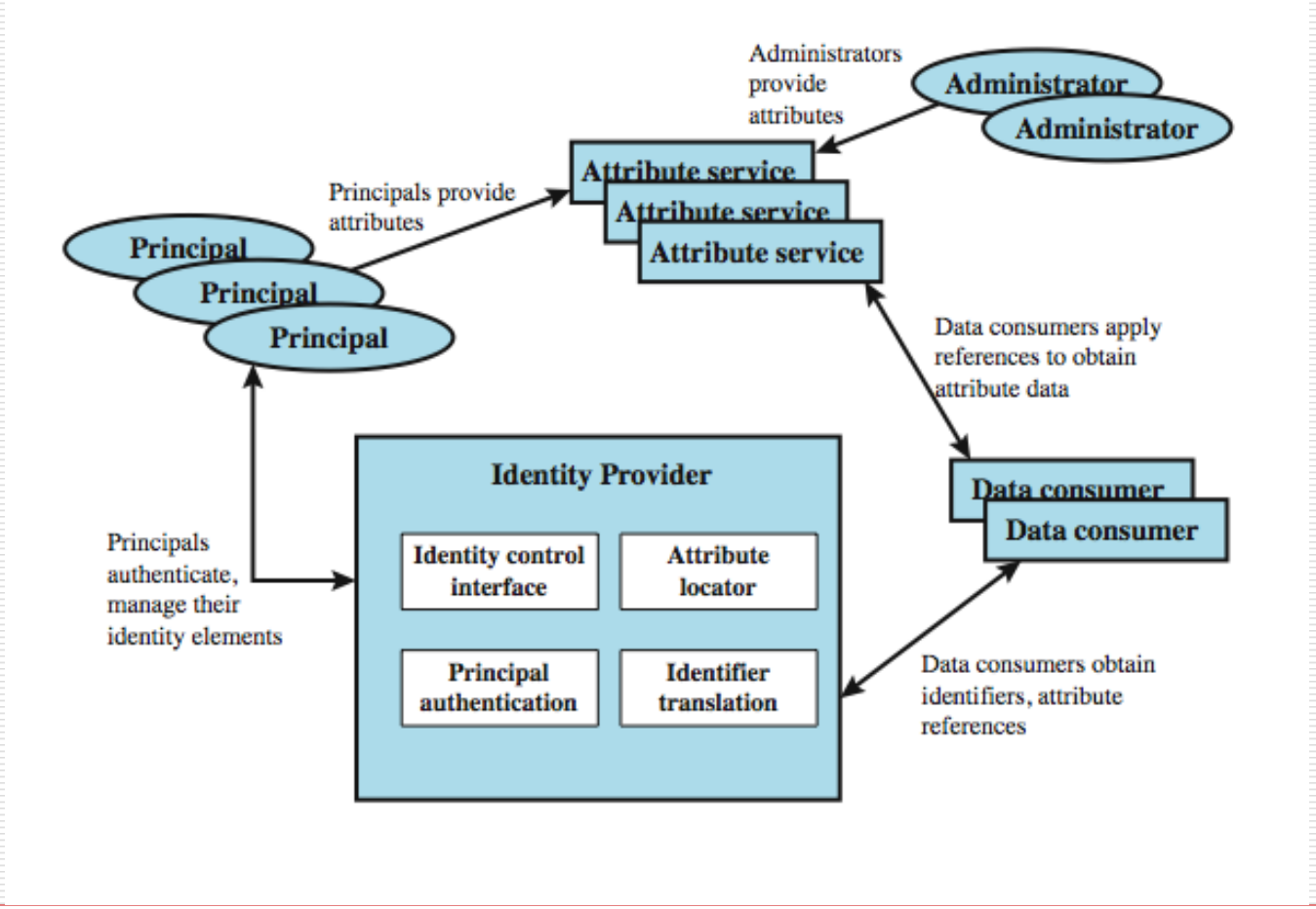
Revocation of Certificates

- Reasons for revocation:
  - The users secret key is assumed to be compromised.
  - The user is no longer certified by this CA.
  - The CA's certificate is assumed to be compromised.

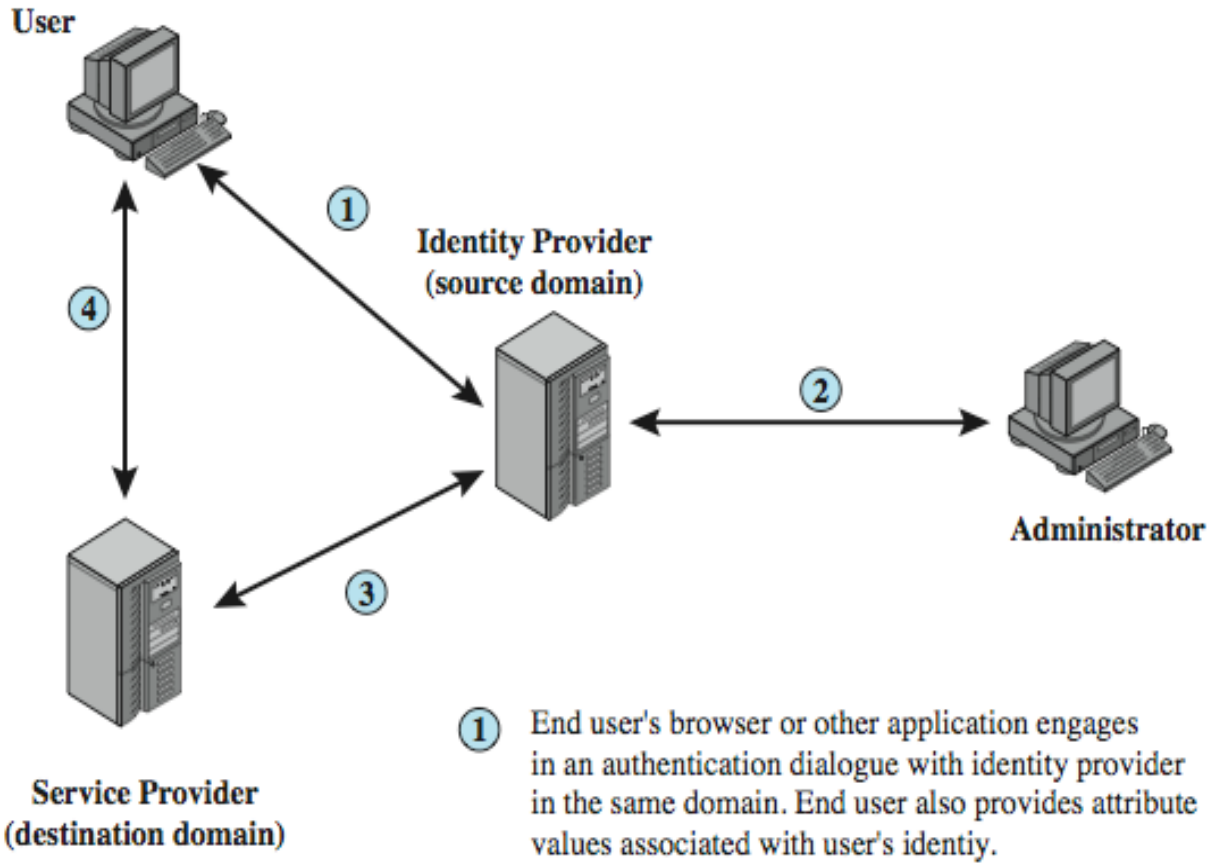
Federated Identity Management

- use of common identity management scheme
  - across multiple enterprises & numerous applications
  - supporting many thousands, even millions of users
- principal elements are:
  - authentication, authorization, accounting, provisioning, workflow automation, delegated administration, password synchronization, self-service password reset, federation
- Kerberos contains many of these elements

Identity Management



Identity Federation



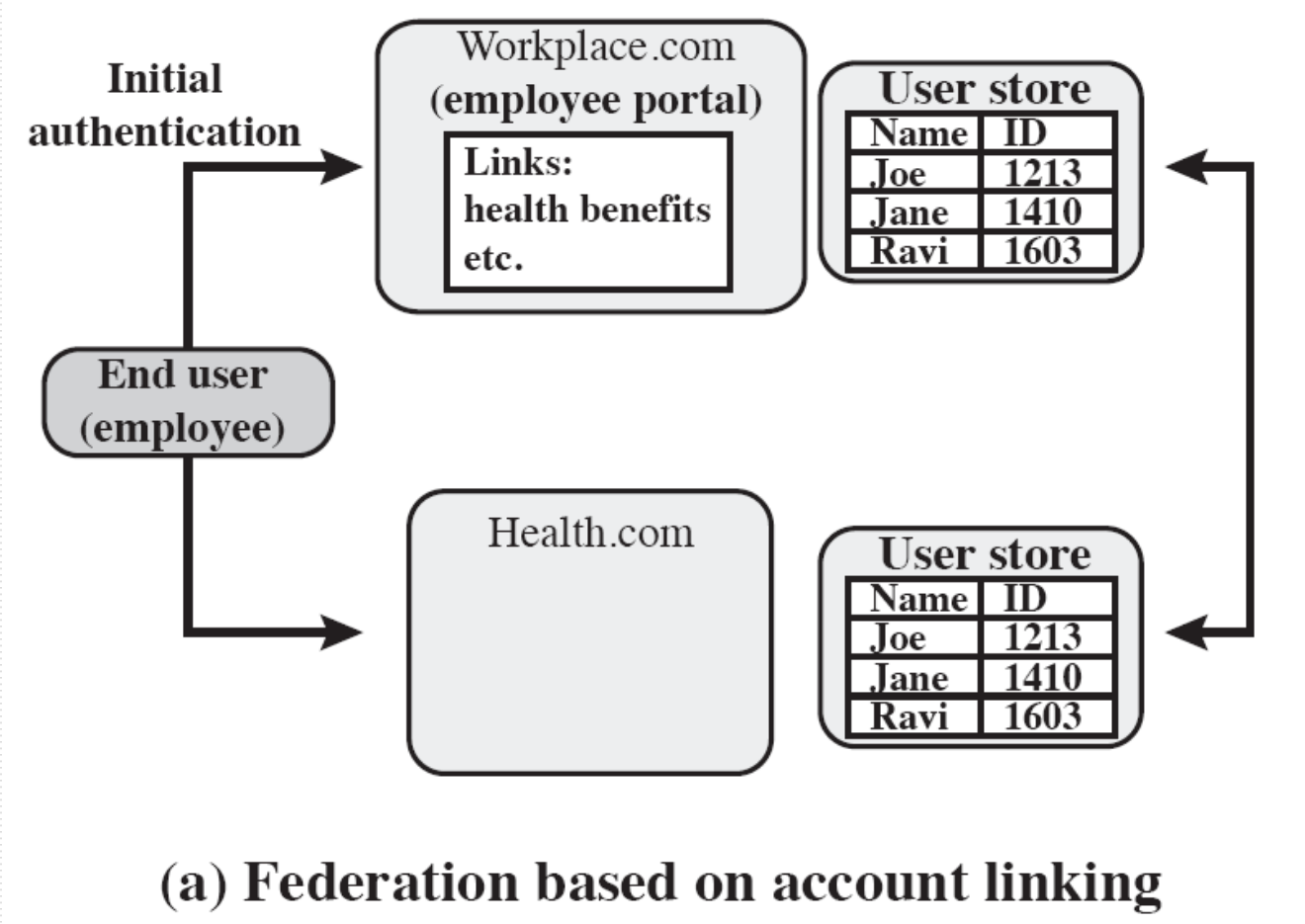
1. End user's browser or other application engages in an authentication dialogue with identity provider in the same domain. End user also provides attribute values associated with user's identiy.
2. Some attributes associated with an identity, such as allowable roles, may be provided by an administrator in the same domain.
3. A service provider in a remote domain, which the user wishes to access, obtains identity information, authentication information, and associated attributes from the identity provider in the source domain.
4. Service provider opens session with remote user and enforces access control restrictions based on user's identity and attributes.

http://www.aut.ac.ir/shahriari

Standards Used

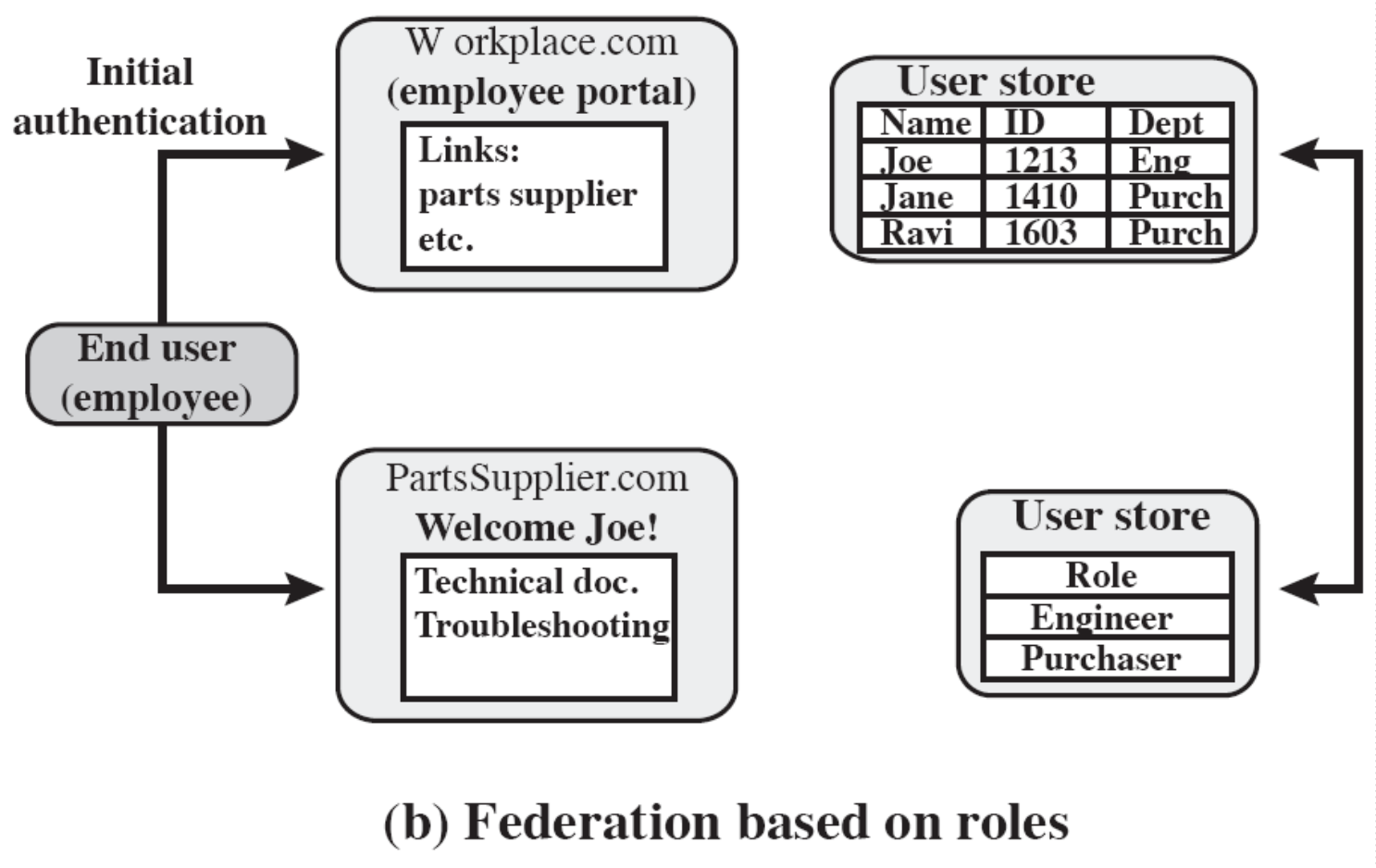
- Security Assertion Markup Language (SAML)
  - XML-based language for exchange of security information between online business partners
- part of OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) standards for federated identity management
  - e.g. WS-Federation for browser-based federation
- need a few mature industry standards

Federated Identity Examples



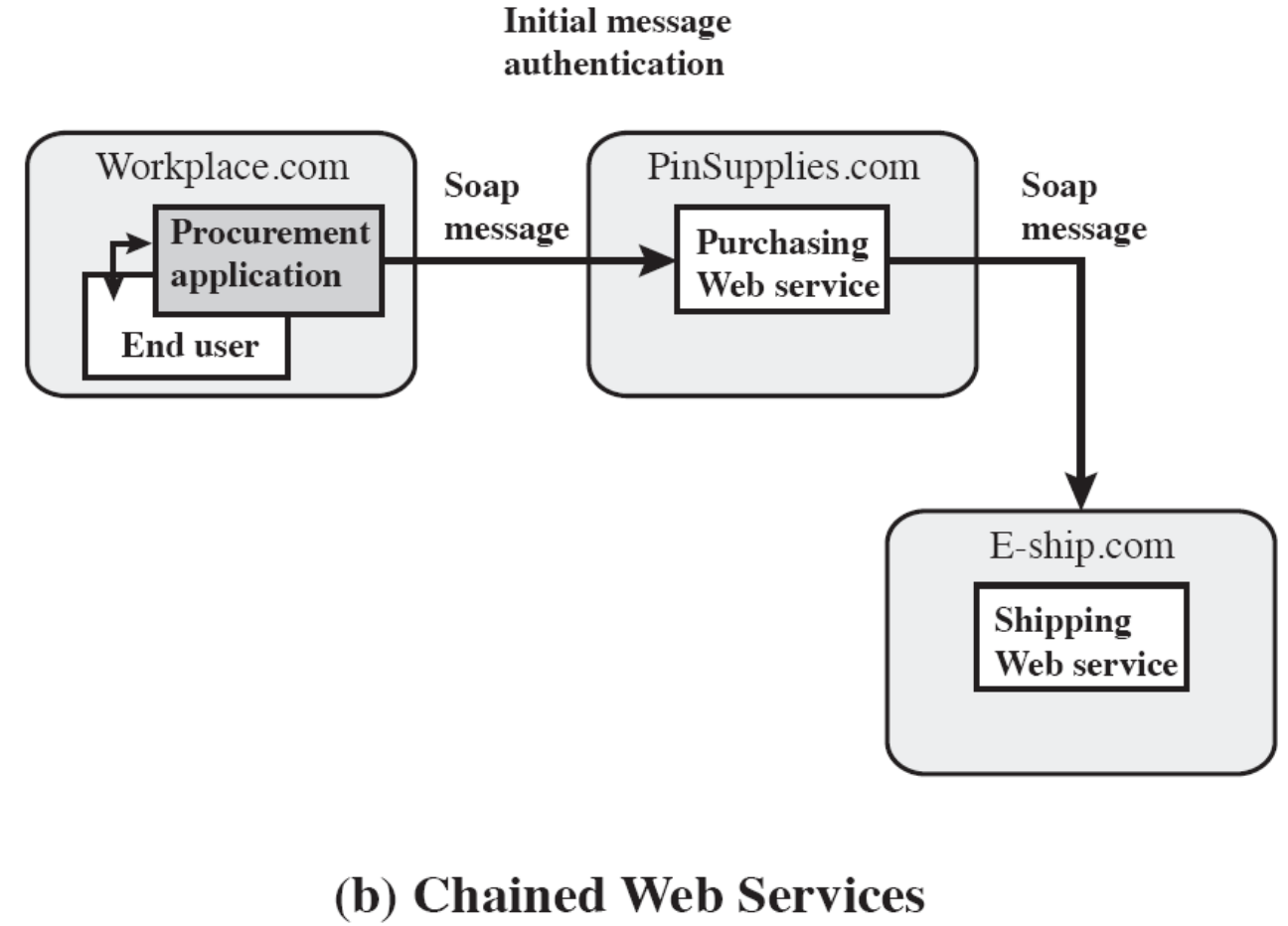
(a) Federation based on account linking

Federated Identity Examples



(b) Federation based on roles

Federated Identity Examples

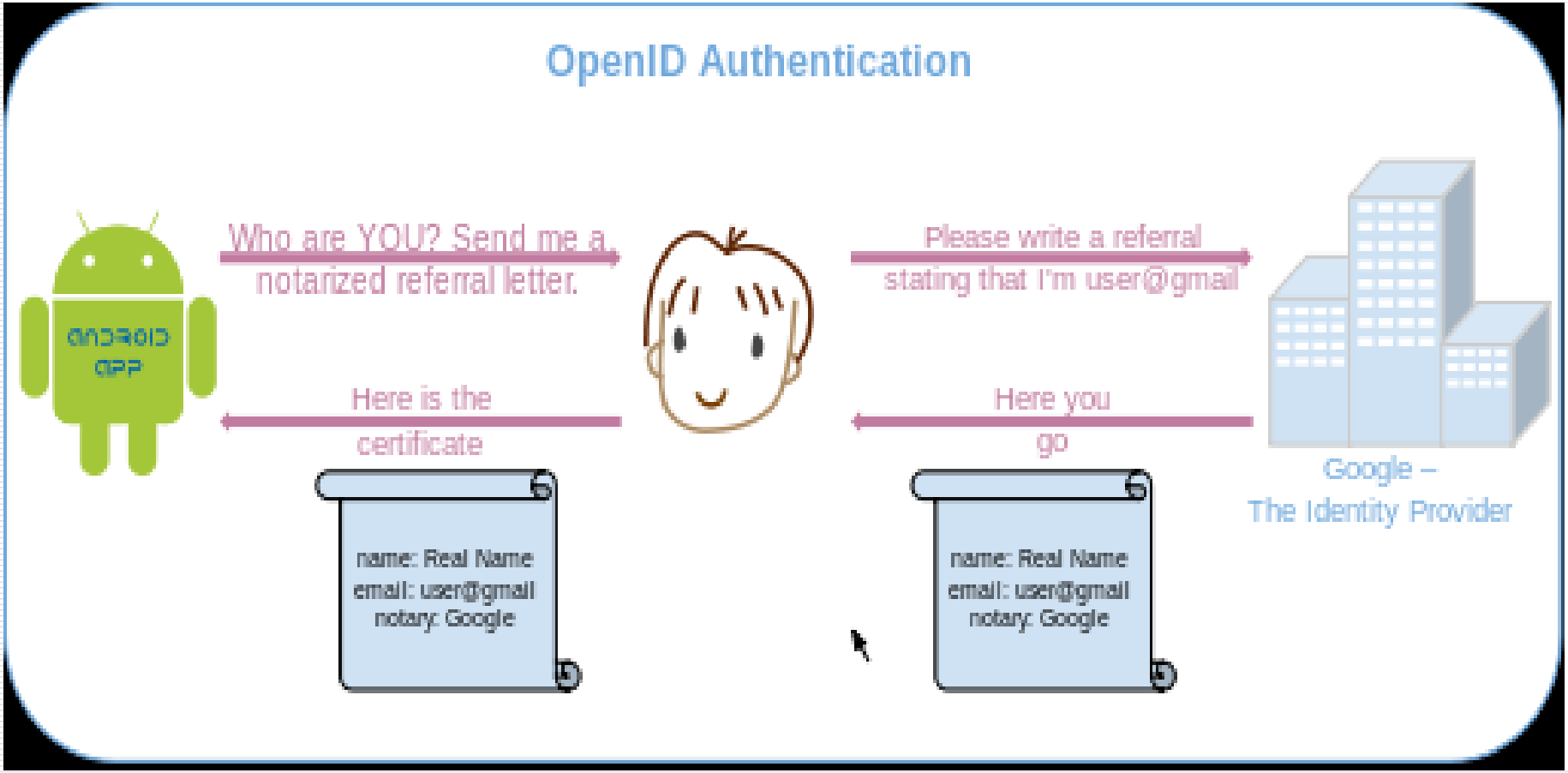


(b) Chained Web Services

OpenID

- **OpenID**
  - open standard
  - describes how users can be authenticated in a decentralized manner
  - eliminating the need for services to provide their own ad hoc systems
  - allowing users to consolidate their digital identities.

OpenID


OpenID Authentication
Who are YOU? Send me a notarized referral letter.
Please write a referral stating that I'm user@gmail
Here is the certificate
Here you go
name: Real Name
email: user@gmail
notary: Google
name: Real Name
email: user@gmail
notary: Google
Google –
The Identity Provider

واژه نامه

Authentication	احراز هویت
Reliability	قابلیت اطمینان
Authenticator	اعتبار نامه
ticket-granting ticket	بلیت "اعطای بلیت"
service-granting ticket	بلیت اعطای خدمات
Tickets	بلیت‌ها
Distributed	توزیع شده
Register	ثبت نام
Integrity	صحت
Spoof	جعل
Address Spoofing	جعل آدرس
service session	جلسه خدمات
Replay Attack	حمله تکرار
Administrative Domain	حوزه مدیریتی

Services	خدمات
Realm	دامنه
Transparency	شفافیت
ID	شناسه
Principal	عناصری که شناسانده می‌شوند
Realm	قلمرو
Password	گذر واژه
Certificate	گواهی
Plain Text	متن واضح
Key Management	مدیریت کلید
KDC: Key distribution Center	مرکز توزیع کلید
Scalability	مقیاس پذیری
Timestamp	مهر زمانی
service type	نوع خدمات
AS: Authentication Server	کارگزار احراز هویت،
Server	کارگزار
TGS: Ticket Granting Server	کارگزار اعطا کننده بلیت
Session Key	

پیوست

- **AAA (Authentication, Authorization, and Accounting)**

  The process of providing and tracking access to network resources. Authentication involves the mechanism to verify user identity. Once identified, Authorization grants the user access privileges to system and network resources. Accounting keeps a history of system and network resource utilization and the users involved.