طراحی امنیت پایگاه داده ها

رسول جلیلی

jalili@sharif.edu

مقدمه

- تمرکز ما در مطالب قبل بروی مفاهیم امنیت پایگاه داده های منطقی (Logical DB Sec.) بوده است.
- از این پس بروی طراحی معیارهای امنیتی پایگاه داده های منطقی متمرکز میشویم.
- داشتن یک پایگاه داده امن، باید از اولین مراحل طراحی پایگاه داده در نظر گرفته شود.
- متدولوژی طراحی مورد نیاز است.

مقدمه -۲

- باید در تمام فازهای طراحی پایگاه داده نکات امنیتی در نظر گرفته شوند:
  - تحلیل(Analysis)
  - طراحی مفهومی(Conceptual design)
  - طراحی جزئی(Detailed design)
  - پیاده سازی(Implementation)
  - تست(Test)
  - نگهداری(Maintenance)

طراحی DBMS امن-۱

- برای داشتن امنیت پایگاه داده باید مکانیزمها در هر دو سطح DBMS و OS اعمال گردند.
- نمی توان به امنیت DBMS به عنوان یک توسعه ساده بروی توابع OS زیرین نگاه کرد.
- تفاوتهای میان OS و DBMS را از منظر نگرانیهای امنیتی می توان به صورت زیر لیست نمود:
  - دانه بندی اشیا:
    - درجه دانه بندی در OS در سطح فایل است
    - درجه دانه بندی ریزتر در DBMS در سطح رابطه، سطر، فیلد و ... است
  - وجود روابط معنایی میان داده ها در DBMS
  - فراداده های موجود در DBMS
    - فراداده ها بسیار حساس هستند و باید به شدت محافظت شوند.
    - در OS معمولاً هیچ نوع فراداده وجود ندارد
  - اشیا در OS و DBMS
    - در OS اشیا فیزیکی مثل فایل(file)
    - در DBMS اشیا منطقی مثل دید(view)

طراحی DBMS امن-۲

- ادامه تفاوت های امنیتی میان OS و DBMS
  - چندین انواع داده ای در DBMS
    - در DBMS چندین نوع داده ای و بالتبع چندین نوع مد دسترسی مانند مد مدیریتی و مد آماری
    - در سطح OS برای دسترسی فیزیکی سه مد دسترسی W، Rو X وجود دارد
  - اشیای ایستا و پویا
    - اشیای فیزیکی در OS در مقابل دیدها در DBMS
    - نیاز به محافظت بیشتر برای اشیای پویا
  - تراکنشهای چند سطحی
    - تراکنش ها در DBMS داده ها در سطوح مختلف امنیتی را درگیر می کنند که باید به صورت امن اجرا گردند.
    - در سطح OS تنها بعضی عملیات پایه ای مانند read، write و execute اجرا میشوند که همه در یک سطح امنیتی قرار دارند.
  - چرخه حیات داده(Data Life cycle)
    - داده ها در پایگاه داده ها یک چرخه حیات بلندی دارند و DBMS باید حفاظت از آنها را در طول حیات آن داده تضمین نماید.

مکانیزم های امنیتی در DBMS-۱

- مکانیزم های امنیتی که DBMS باید تامین کند:
  - درجات مختلف دانه بندی برای دسترسی
    - برای پایگاه داده های رابطه ای: رابطه ها، تاپلها ، پایگاه داده ها
  - حالات دسترسی مختلف
    - کنترل دسترسیهای مختلف با توجه به نوع عمل باید اِعمال گردند
      - مثلاً میان خواندن(read) و نوشتن(write) باید تمایز قائل شد.
  - انواع مختلف کنترل دسترسیها برای یک درخواست دسترسی
    - وابسته به اسم(Name-dependant): کنترل دسترسی به اسم اشیا وابسته است
    - وابسته به داده(Data-Dependant): کنترل دسترسی به محتوای اشیا وابسته است
    - وابسته به زمینه(Context-Dependant): وابسته به زمان، مکان و ...
    - وابسته به تاریخچه(History-Dependant)
    - وابسته به نتیجه(Result-Dependant): وابسته به نتایج پرس و جو ها

مکانیزم های امنیتی در DBMS-۲

- مجازشماری پویا
  - DBMS باید تغییرات مجازشماریهای کاربران در حین اینکه پایگاه داده ها عملیاتی است، پشتیبانی نماید.
- حفاظت چند سطحی
  - در نظر گرفتن برچسبهای امنیتی و تخصیص آنها به اشیا و عاملها
  - در هر شی، می تواند به داده های مختلف برچسبهای مختلف تخصیص بدهد.
- عاری از پنهان (Covert Channel):
  - به این معنا که کاربران نباید امکان بدست آوردن اطلاعات غیر مجاز با استفاده از متدهای ارتباطی غیر مستقیم را پیدا کنند.
- کنترل استنتاج(Inference Control)
  - عموماً در بکارگیری توابع aggregation که می توان به کمک این توابع به استنتاجهای دیگری از پایگاه داده دست پیدا کرد.

مکانیزم های امنیتی در DBMS-۳

- چند نمونه سازی(Polyinstantiation)
  - چندین نمونه از یک قلم داده هر یک سطح رده آنها متفاوت باشد
- بازنگری(Auditing)
  - اطلاعات مربوط به بازنگری برای کنترل استنتاج مفید می باشند.
- نبود هر نوع back door
  - تنها دسترسی از طریق DBMS امکان پذیر باشد.
- یکنواختی مکانیزمها(Uniformity of Mechanisms)
  - برای پشتیبانی خط مشی های مختلف و تمام کنترل های مرتبط با امنیت بعضی مکانیزمهای کلی و عمومی باید مورد استفاده قرار گیرد.
- کارایی مناسب
  - کنترل های امنیتی باید کارایی سیستم را خیلی تحت شعاع قرار ندهند. هرچند به هر حال افت کارایی غیر قابل اجتناب است.

اصول پایه ای صحت اطلاعات-۱

- تراکنش های خوش تعریف(Well-formed Transactions)
  - بجای رویه های اختیاری(Arbitrary Procedures)
- کاربران تصدیق هویت شده(Authenticated Users)
  - تغییرات تنها باید بوسیله کاربران مجاز انجام شود.
- حداقل مجوز(Least Privilege)
  - یک اصل برای محدودسازی کاربران برای کارکردن با مجموعه کمینه مجوزها و منابع مورد نیاز برای انجام کارهایشان
- تفکیک وظایف(Separation of duties)
- ادامه پذیری یک عمل(Continuity of Operation)
  - با کمک مفاهیم replication
- دوباره سازی وقایع(Reconstruction of Events)
  - رفتار اشتباه باید کشف و حق داده شده بلااسفاده شود.
  - با کمک مفاهیم auditing و after-Image و before-image

اصول پایه ای صحت اطلاعات-۲

- **چک کردن با واقعیت**
  - چک کردن به صورت پریودیکی با موجودیت های دنیای واقع برای نگهداری از مقادیر درست داده ها در سیستم
- **سادگیِ استفاده امن**
  - ساده ترین راه استفاده از سیستم باید همزمان امنترین هم باشد.
- **تفویض مدیریت(Delegation of Authority)**
  - انجام تفویض باید منعطف و در عین حال به نحوی باشد که امنیت دور زده نشود.

مدل مجازشماری System R-۱

- از نخستین DBMSهای IBM
- جداول به عنوان اشیایی هستند که مورد حفاظت قرار می گیرند
  - این جداول می توانند جدولهای پایه و یا دید ها باشند
- عاملها همان کاربران سیستم هستند که به سیستم DB دسترسی پیدا میکنند.
- حالات دسترسی زیر را می تواند در نظر گرفت:
  - Read: برای خواندن تاپلها از یک جدول
  - Insert: برای اضافه کردن تاپلها به جدول
  - Delete: برای حذف بعضی تاپلها از یک جدول
  - Update: برای تغییر بعضی تاپلهای موجود در یک جدول
  - Drop: برای حذف کامل یک جدول از پایگاه داده ها
- تمام حالات دسترسی به یک جدول به صورت کلی نگاه می کنند مگر update که به یک ستون هم می تواند ارجاع داده شود.

مدل مجازشماری ۲-System R

- مدل، مدیریت مجازشماری ها را به صورت توزیع شده (Decentralized) پشتیبانی میکند.
- هر کاربرِ پایگاه داده می تواند این امکان را داشته باشد که یک جدول جدید ایجاد نماید.
- اگر یک کاربر جدولی را ایجاد نماید می تواند به صورت کاملاً مجاز هر نوع مجوزی را بـروی آن جدول داشته باشد.
  - مگر در شرایطی که این جدول یک دید باشد
- مالک جدول (ایجاد کننده آن) این حق را دارد که به دیگر کاربران بعضی مجوزها را اعطا نماید.
  - با اعطای یک حق به کاربر دیگر به مجموعه مجازشماریهایی که در سیستم نگهداری می شود یـک مجازشماری اضافه می شود.
  - اعطای یک مجازشماری می تواند به همراه grant option برای دادن حق اعطای مجـوز بـه دیگـر کاربران همراه باشد.

مدل مجازشماری System R-۳

- هر مجازشماری میتواند به صورت یک چندتایی معرفی گردد: (s, p, t, ts, g, go)
  - s: عامل یا کسی که به او یک مجوز اعطا می شود
  - p: همان حق و یا مجوزی است که اعطا می شود.
  - t: جدولی است که مجازشماری به آن ارجاع داده می شود
  - ts: زمانی است که در آن زمان عمل اعطا انجام شده است.
  - g: عاملی است که مجوز را اعطا کرده است.
  - go: همان grant option است که یکی از مقادیر {yes,no} می باشد
- مثال:

<B, select, T, 10, A, yes>

<C, select, T, 20, B, no>

- اگر عمل مجازشماری update باشد، ستون مربوطه نیز باید مشخص باشد.
- زمان را به این دلیل نگه می داریم که بتوانیم عمل revoke را انجام دهیم (بعداً توضیح می دهیم.)

مدل مجازشماری System R-۴

- دستور **grant** در **SQL** به صورت زیر خواهد بود:

$$GRANT \begin{cases} ALL\ RIGHTS \\ < Privileges > \\ ALL\ BUT < Privileges > \end{cases} \text{ ON <table> TO <user-list> [WITH GRANT OPTION]}$$

- عامل اعطا کننده می تواند به جای **user-list** می تواند از **PUBLIC** استفاده نماید که در این صورت به تمام کاربران پایگاه داده ها این حق بروی جدول مربوطه اعطا خواهد شد.
- هر کاربر که حق اعطا داشته باشد حق بازپس گیری را هم دارد. هرچند هر عامل تنها حق دارد مجازشماری هایی را که توسط او اعطا شده اند، بازپس بگیرد.
- دستور **revoke** در **SQL** به صورت زیر خواهد بود

$$REVOKE \begin{cases} ALL\ RIGHTS \\ < Privileges > \end{cases} \text{ ON <table> FROM <user-list>}$$

مدل مجازشماری ۵-System R

- مکانیزم عمل revoke

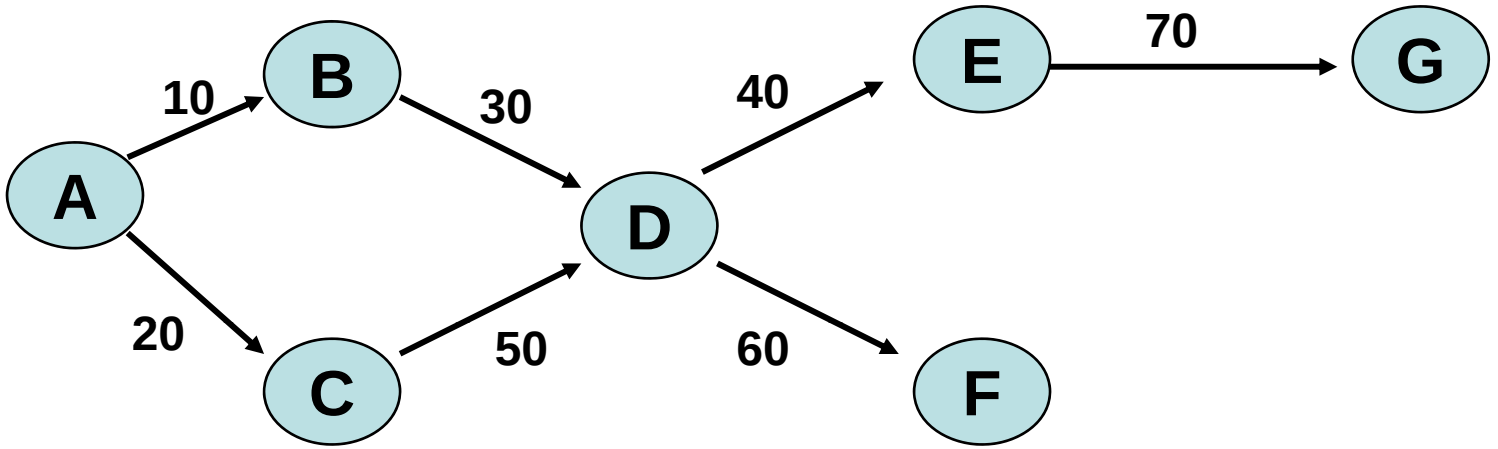
– System R عمل بازپس گیری را به صورت بازگشتی (Recursive) و یا آبشاری (Cascading) انجام می دهد.

– باز پس گیری p بروی t از کاربر y بوسیله کاربر x به این ترتیب تعریف می شود که تمام مجازشماریهای p بروی t اعطا شده توسط x به y هرگز اعطا نشده است.

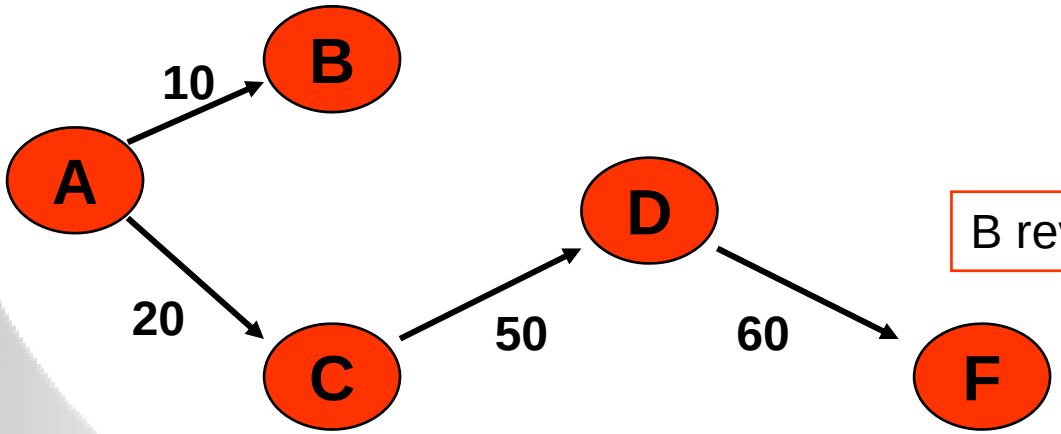
- تمام تاثیر این اعطا باید از بین می رود.

- مثال در اسلاید بعدی

مدل مجازشماری ۶-System R



B has granted a privilege to D, who has passed it to E, who has passed it to G



B revokes D's privilege

مدل مجازشماری System R-۷

- دید
  - System R این امکان را به تمام کاربران می دهد که بعضی دید ها را بروی جداول پایه و یا دیگر دیدها تعریف نمایند.
  - این یک روش ساده و کارا برای پشتیبانی مجازشماری وابسته به محتوا میباشد.
  - برای مثال:
    - کاربر B جدول B را می سازد و می خواهد به کاربر A تنها مجوز دسترسی به تاپلهایی را بدهد که salary>1000
      - در این صورت می تواند یک دید بروی آن بسازد و بروی آن دید مجازشماری به A را اعطا نماید

مدل مجازشماری System R-۸

- مقایسه میان حقوق روی جداول پایه و دیدها
  - وابسته به این که معنای دید(View Semantics) چیست، یک کاربر مالک دید ممکن است مجوزهای محدودتری نسبت به جداول پایه داشته باشد.
  - داشتن یک حق بروی یک دید کاملاً به این که آیا این حق بروی تمام جداول پایه وجود دارد یا نه بستگی دارد.
  - اگر کاربر بروی تمام جداول پایه مجوزی را با grant option داشته باشد، این مجوز بروی دید مربوطه را هم با grant optionخواهد داشت.
  - یک برچسب زمانی تعریف می شود (Time Stamp) که در زمان تعریف دید است.
  - حقوق مالک دید در زمان برچسب زمانی مربوطه تعریف می گردد.

مدل مجازشماری ۹-System R

- پیاده سازی مدل-۱

– اطلاعات مجازشماری مربوط به کاربران برای دسترسی به جداول پایگاه داده در دو رابطه به نام‌های SYSAUTH و SYSCOLAUTH ذخیره می شود.

– SYSAUTH صفات زیر را دارد:

- UserId: کاربری که مجازشماری ها در مورد او می باشد
- Tname: جداولی که مجازشماری ها بروی آن انجام می شود.
- Type: نوع جدول Tname را مشخص می کند.(R=جدول پایه و V=دید)
- Grantor: کاربری که به userid حق را اعطا کرده است.
- Read: نشاندهنده زمانی است که مجوز read به کاربر داده شده است(مقدار پیش فرض ۰ است)
- Insert: نشاندهنده زمانی است که مجوز insert به کاربر داده شده است(مقدار پیش فرض ۰ است)
- Delete: نشاندهنده زمانی است که مجوز delete به کاربر داده شده است(مقدار پیش فرض ۰ است)
- Update: نشاندهنده ستونهایی است که مجوز update به کاربر در آن ستون ها داده شده است
- Grantopt: نشاندهنده آن است که آیا مجوز داده شده با grant option هست یا خیر

مدل مجازشماری System R-۱۰

- پیاده سازی مدل-۲
  - جدول SYSCOLAUTH زمانی مورد نیاز است که در جدول SYSAUTH در یک تاپـل در سـتون Update کلمه some آمده باشد. در این صورت در این جدول تاپلهایی ظاهر میشود.
  - SYSCOLAUTH صفات زیر را دارد:
    - UserId:کاربری که مجازشماری update در مورد او می باشد
    - Table: نشاندهنده جدولی که حق updateبروی آن تعریف شده است.
    - Column: نام ستونی که حق updateبروی آن تعریف شده است.
    - Grantor: نام کاربری که این حق را اعطا کرده است.
    - Grantopt: نشاندهنده اینکه آیا این مجوز با grant optionداده شده است یا خیر

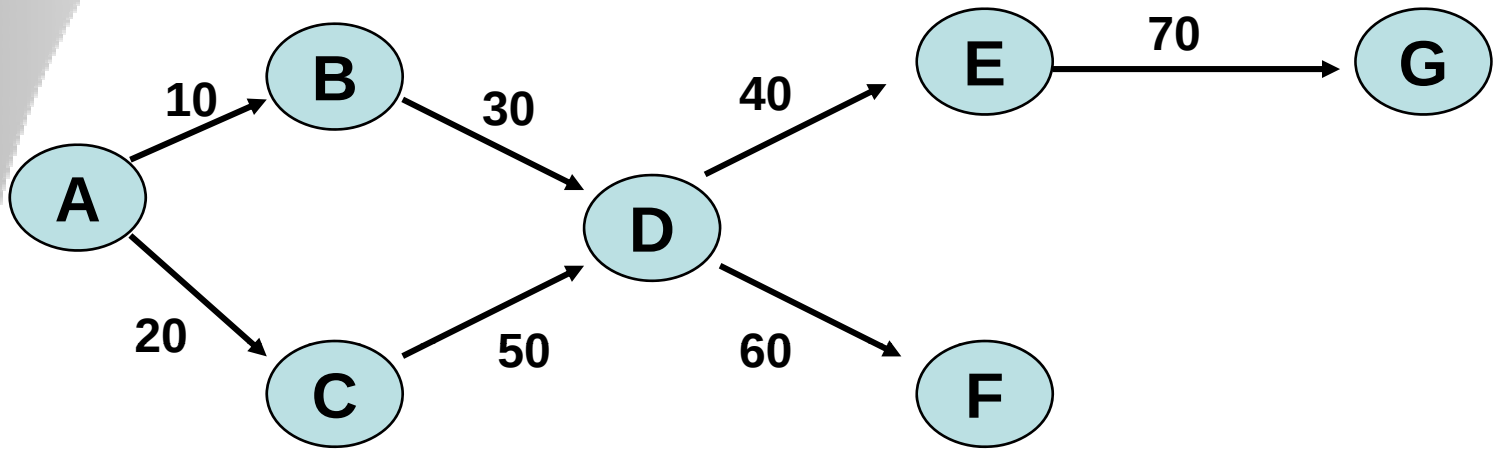
مدل مجازشماری System R-۱۱

- گسترش بر مدل-۱
  - در سال ۱۹۸۲ ویلمز و لینـزدی سـعی کردنـد مـدیریت گروههـای کاربران را در نظر بگیرند.
  - مجموعه ای کاربران را یک گروه در نظر می گرفت
  - گروه ها می توانستند همپوشانی داشته باشند.
  - در مکانیزم های مجازشماری هم گسترشی دادند کـه یـک DBMS برای System R* به صورت توزیع شده داشته باشد

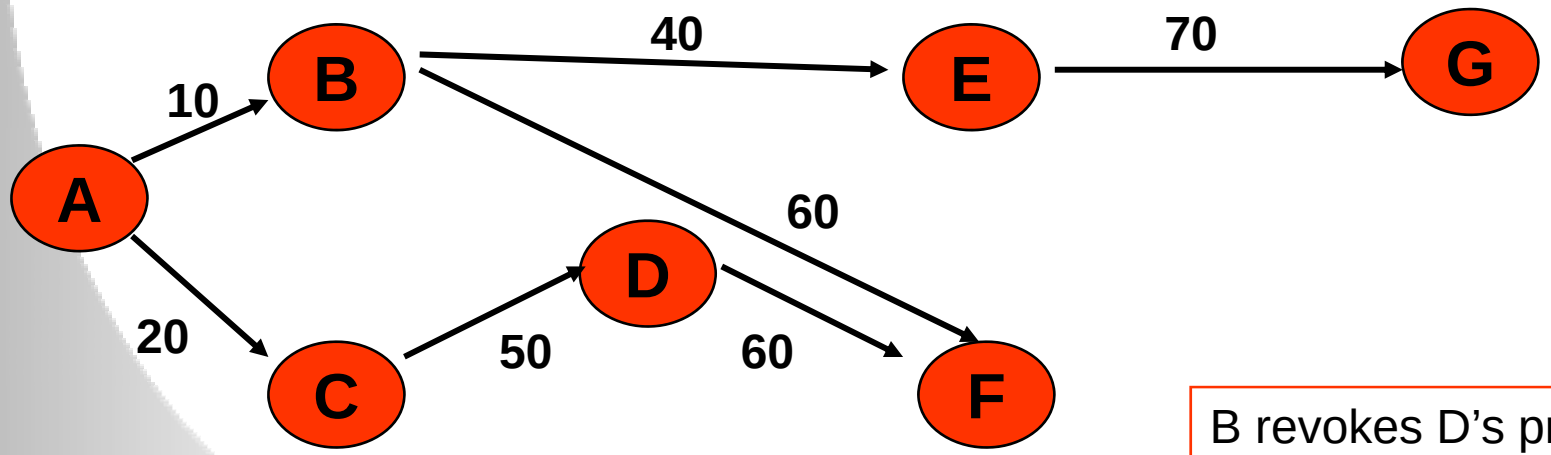
مدل مجازشماری System R-۱۲

- گسترش بر مدل-۲
  - در سال ۱۹۹۳ توسط برتینو و دیگران
  - داشتن cascadable revoke و یا non-cascadable revoke
    - نمونه ای از non-cascadable revoke در اسلاید بعدی

مدل مجازشماری System R-۱۳



B has granted a privilege to D, who has passed it to E, who has passed it to G



B revokes D's privilege

ویژگیهای اصلی معماری پایگاه داده های امن

- SDBMSها با دو مد اصلی می توانند کار میکنند:
  - System-High
    - در این روش به تمام کاربران بالاترین سطح امنیتی ممکن داده می شود.
    - در هنگام آشکارسازی داده یک گارد مسئول مرور داده ها است که به درستی آشکار شوند.
    - ریسک امنیتی بالایی در این مد وجود دارد
    - استفاده از DBMSهای موجود امکان پذیر خواهد بود البته با پرداخت کمی هزینه
  - Multilevel
    - براساس استفاده از DBMSهای مورد اعتماد (Trusted) و یا غیر قابل اعتماد(Untrusted)
      - Trusted Subject Arch.
        - « با استفاده از یک DBMS و OS مورد اعتماد
      - Woods Hole Arch.
        - « استفاده از یک DBMS غیر قابل اعتماد با فیلترهای مورد اعتماد اضافی
        - « بر سه نوع است: Integrity Lock-kernelized-Replicated

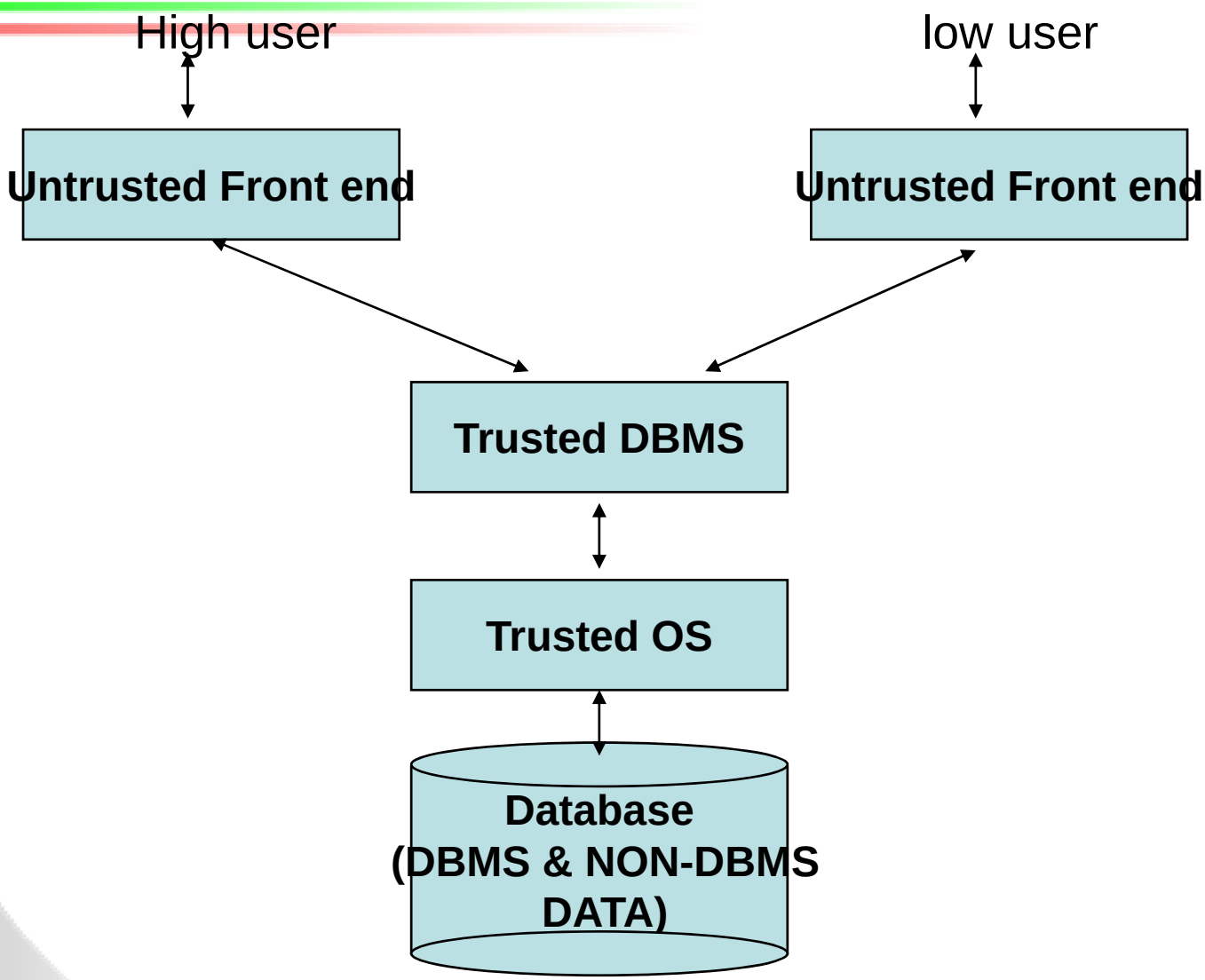
انواع معماری های امن

Architecture	Research prototype	Commercial DBMS
Integrity Lock	Mitre	TRUDATA
Kernelized	SeaView	Oracle
Replicated	NRL	
Trusted Subject	A1 Secure DBMS	Sybase Informix Ingres Oracle DEC

Trusted Subject Arch

- مجموعه ای از front-endهای غیر قابل اعتماد برای واسط قرار دادن آن را سطوح امنیتی متفاوت دارد(low و high)
- TDBMS و TOS یک TCB (Trusted Computer Base) را تشـــکیل میدهند.
- DBMS مسئول حفاظت از اشیای چند سطحی پایگاه داده است
- سطح بالا بر سطح پایین تفوق دارد
- Sybase از این راه حل با بکارگیری برچسبهای سطح تاپل استفاده می کند.

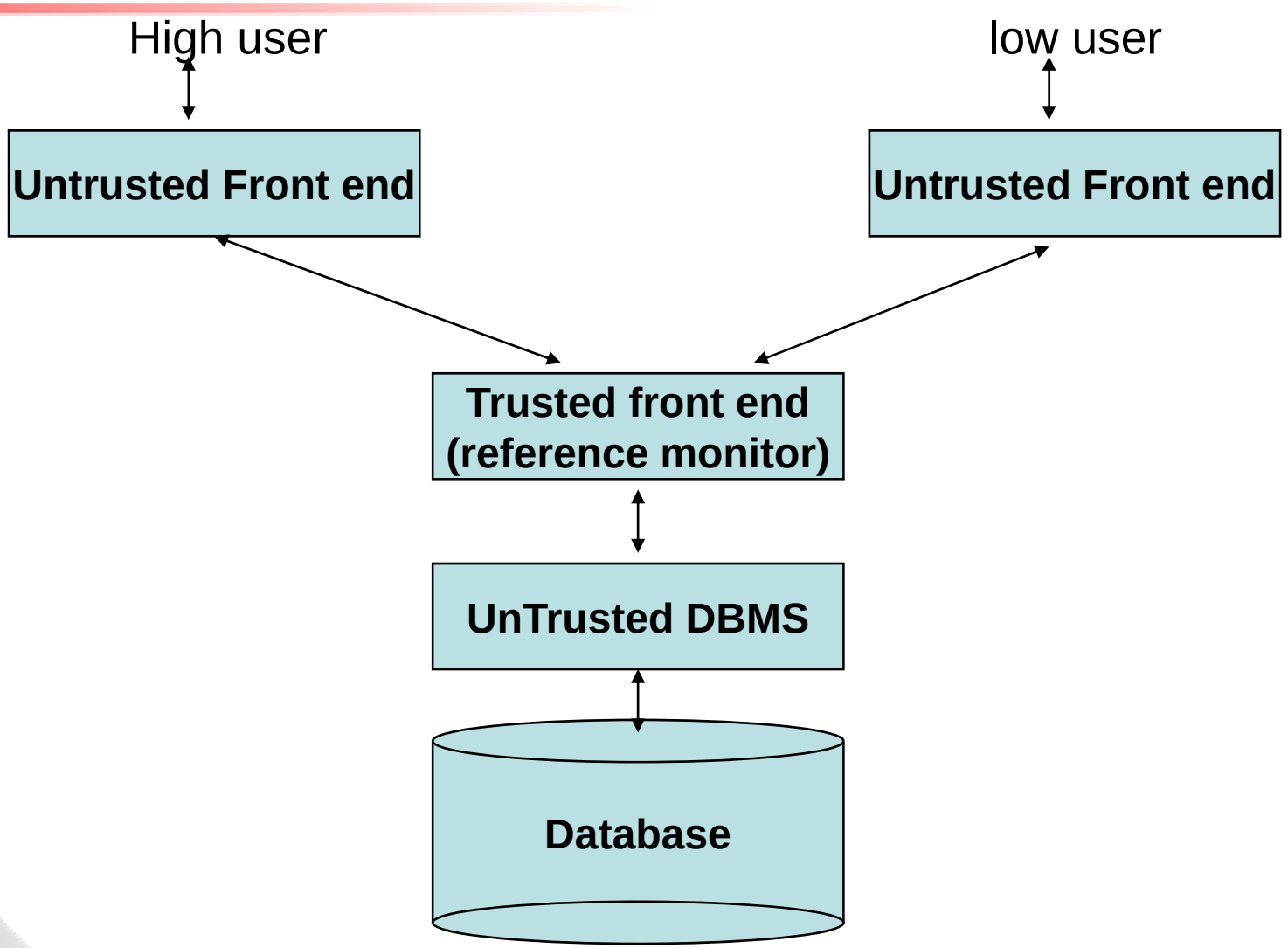
۲-Trusted Subject Arch



۱-Woods Hole Archs

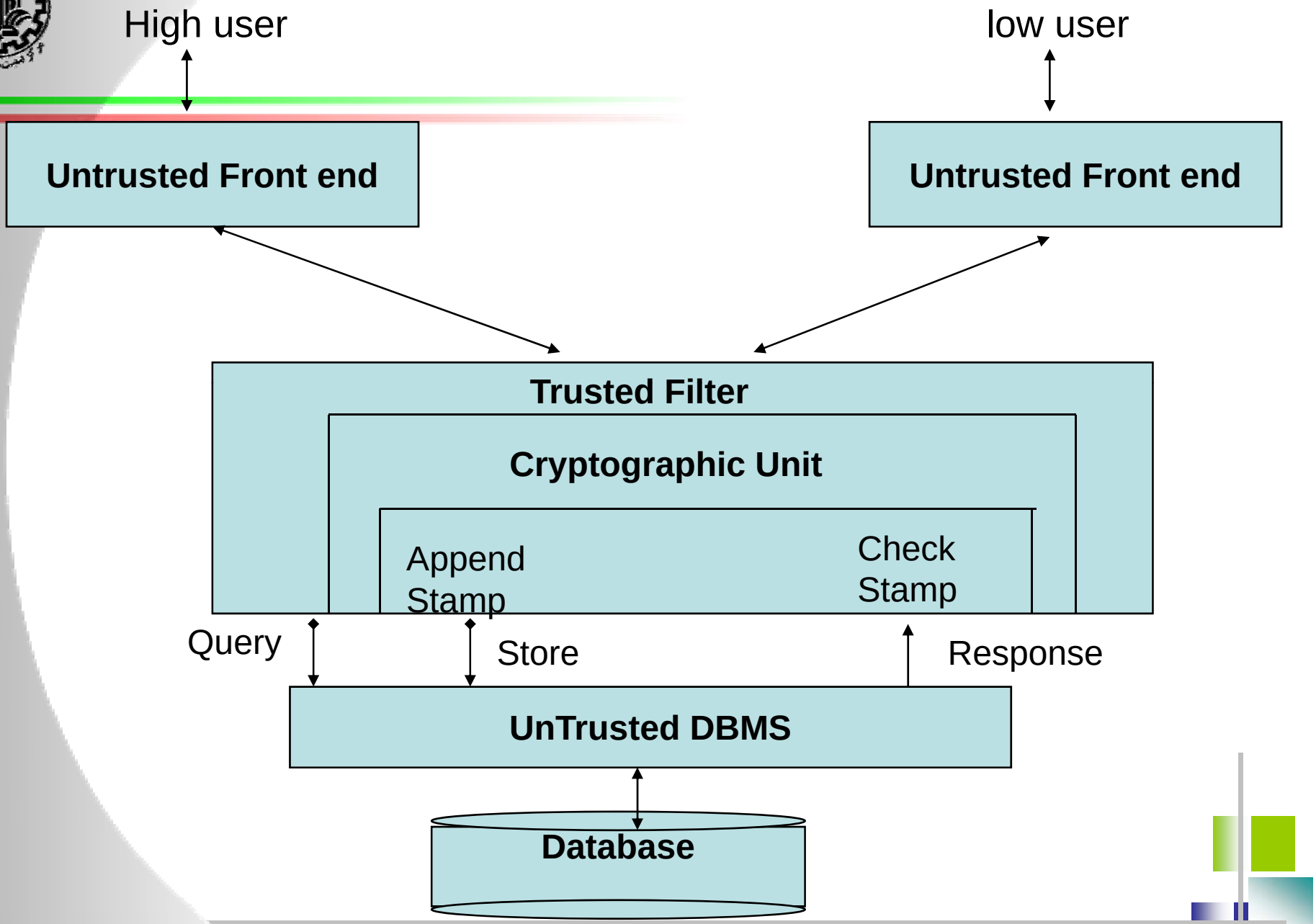
- مجموعه ای از front-endهای غیر قابل اعتماد وجود دارد
- پس از این مجموعه یک واسط مورد اعتماد وجود دارد که عمل نظارت را انجام داده و نمیتوان آن را دور زد.
- این ناظر سپس با یک back-end غیر قابل اعتماد در رابطه است.

۲-Woods Hole Archs



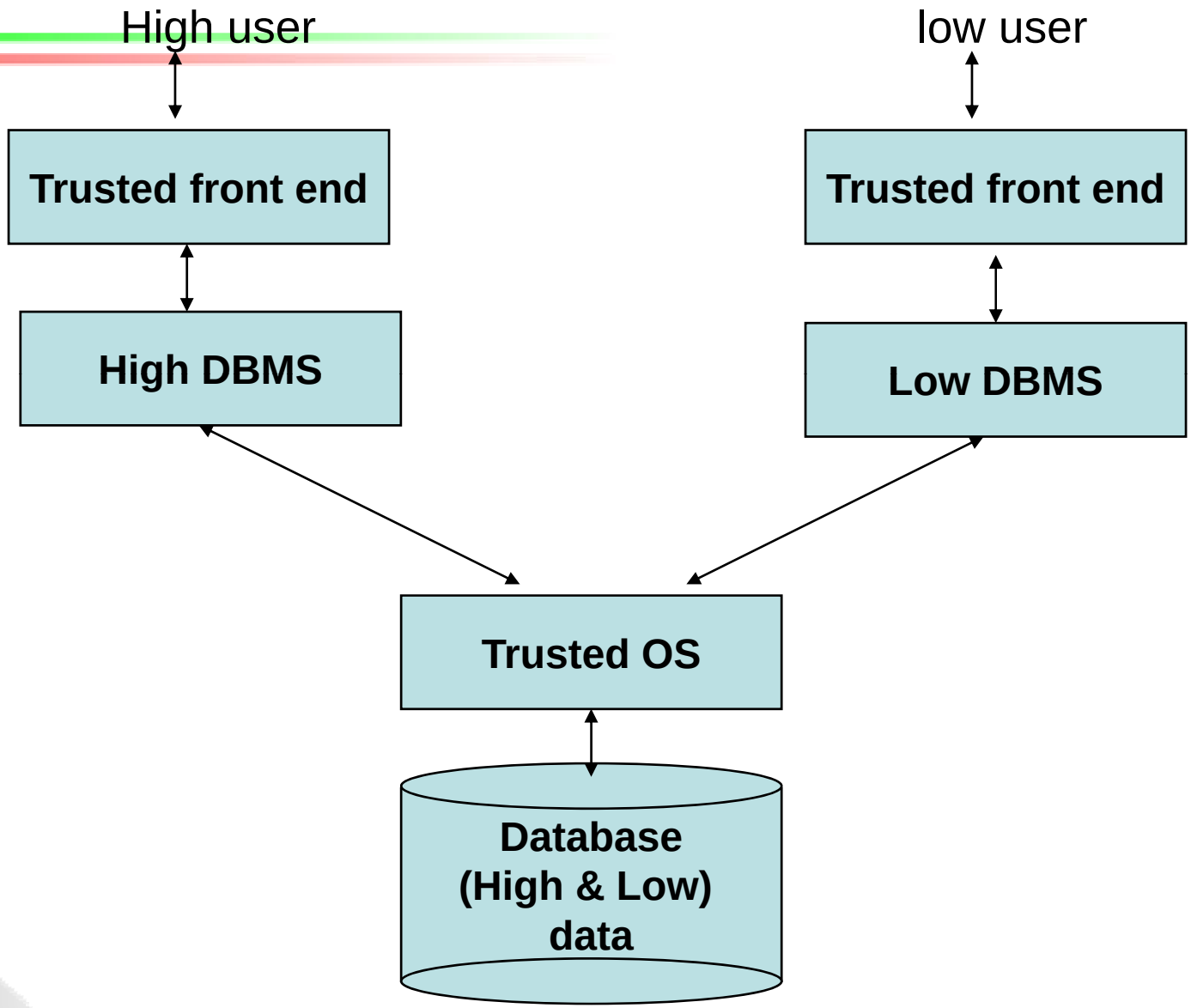
۱- Integrity Lock Arch

- به یک UFE (Untrusted Front-end) متصل است که اعمال پیش و پس پردازشی را بروی پرس و جو انجام میدهد.
- یک TFE (Trusted Front-end) نیز دارد که میان UFE و DBMS غیر قابل اعتماد قرار دارد. این لایه به عنوان یک فیلتر مورد اعتماد(Trusted Filter) عمل می کند.
- stamp یک فیلد مخصوص برای یک شیئ است که اطلاعات مربوط به برچسب امنیتی و دیگر داده های کنترلی را در یک فرمت رمزشده، نگه می دارد.
- stamp بوسیله TFE تولید و وارسی میکند.
- مشکل اصلی نشت اطلاعات غیر مجاز و همین طور استنتاج می باشد.
  - به علت استفاده از selection و projection
  - حل این مسائل در TFEو یا UFE است نه در DBMS


High user
low user
Untrusted Front end
Untrusted Front end
Trusted Filter
Cryptographic Unit
Append Stamp
Check Stamp
Query
Store
Response
UnTrusted DBMS
Database

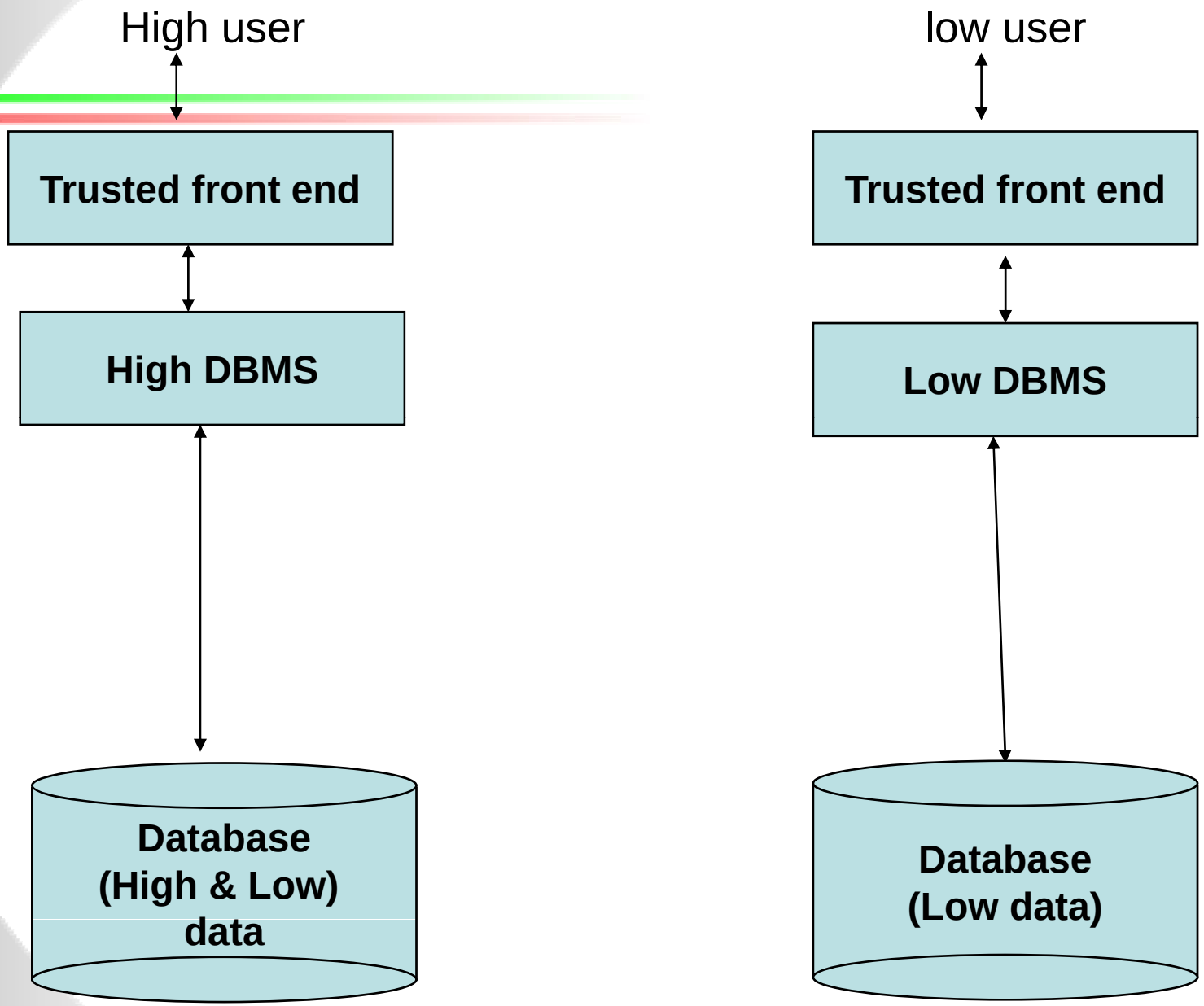
Kernelized Arch.

- یک OS مورد اعتماد مورد استفاده قرار می گیرد که مسئول دسترسی فیزیکی در DB و اِعمال کنترل دسترسی اجباری است
- اشیای DB دارای برچسبهای امنیتی مشابه ذخیره شده درOS مورد اعتماد می باشند.
- در اینجا دسترسی چند سطحی را به دسترسی های تک سطحی تبدیل می کند.


High user
low user
Trusted front end
Trusted front end
High DBMS
Low DBMS
Trusted OS
Database
(High & Low)
data

Replicated Arch.

- این معماری بسیار گران است
- در محیط واقعی تاکنون پیاده سازی نشده است
- شکل در اسلاید بعدی


High user
low user
Trusted front end
Trusted front end
High DBMS
Low DBMS
Database
(High & Low)
data
Database
(Low data)

با تشکر

مرکز امنیت شبکه شریف

http://nsc.sharif.edu