SOFTWARE ENGINEERING

Software Architecture

Dr. Rathachai Chawuthai

Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Agenda

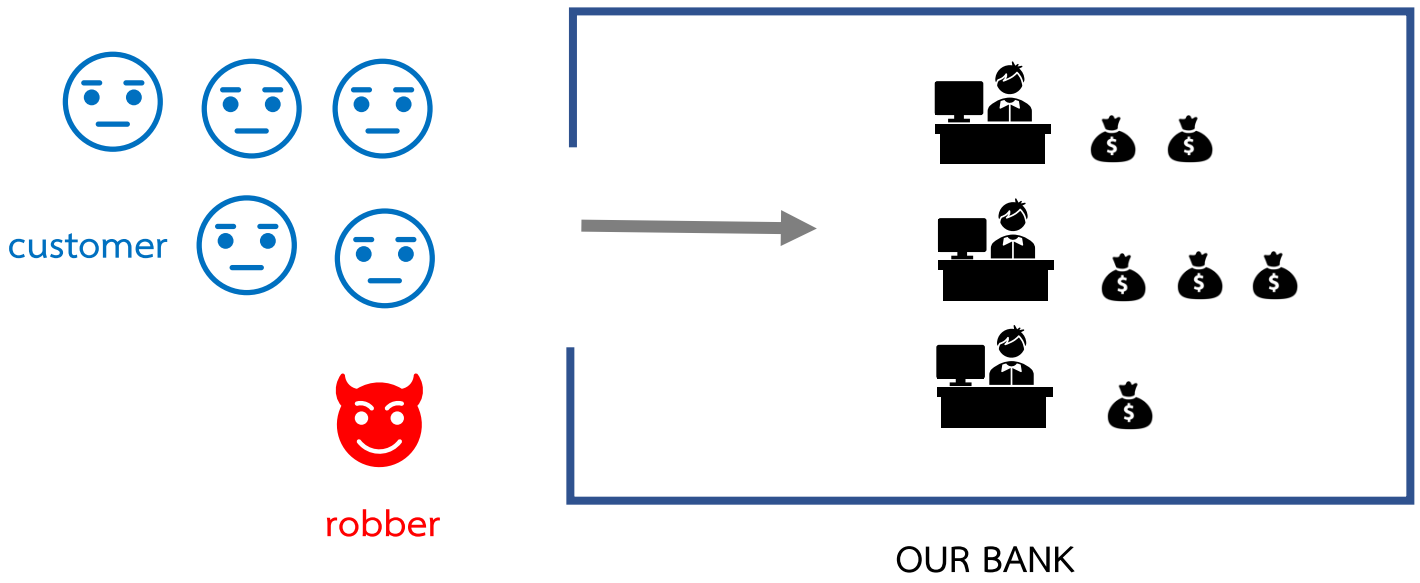
- Software Architecture
- Layered Architecture
- Client-Server Model
- 3-Tier Architecture
- Service-Oriented Architecture (SOA)
- Model-View-Controller (MVC)
- Microservice
- Distributed Systems

Software Architecture

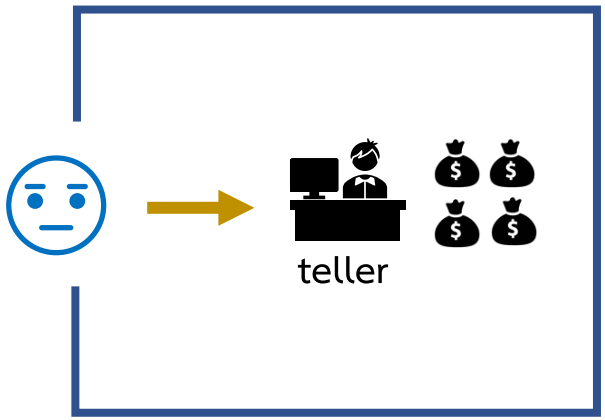
At a Bank

Ref: • (image) https://www.pentagram.com/work/mt-bank-brooklyn

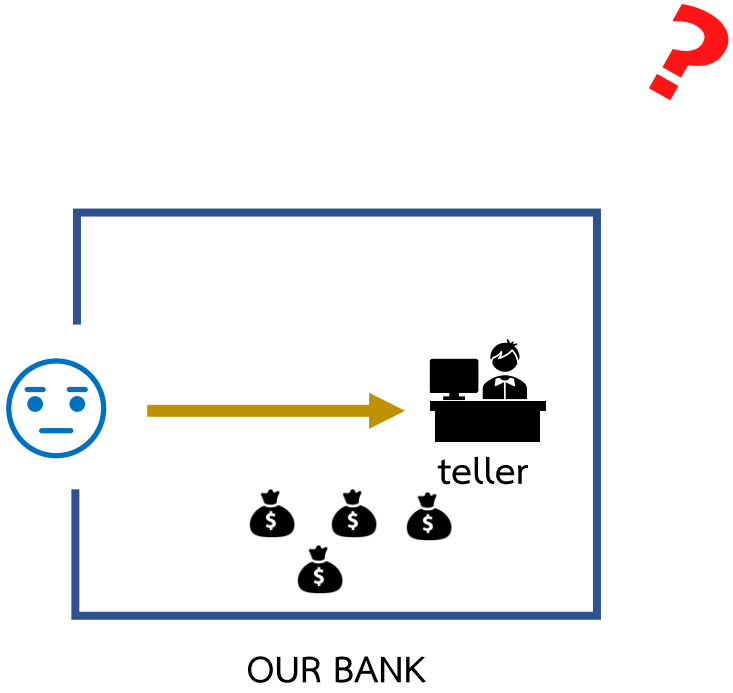
At a Bank



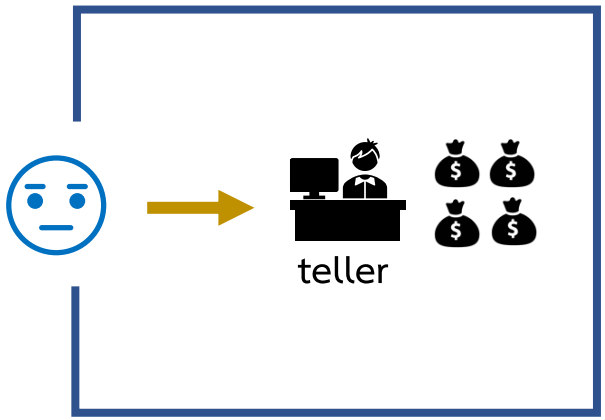
At a Bank



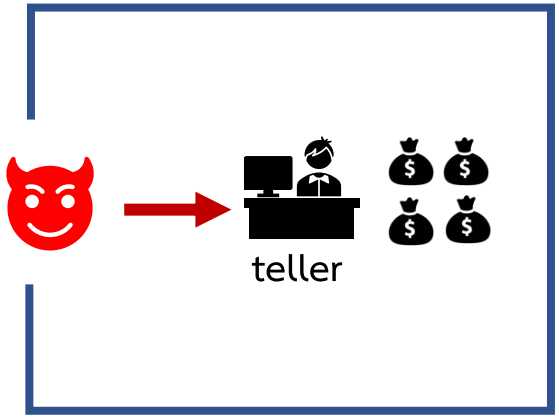
At a Bank



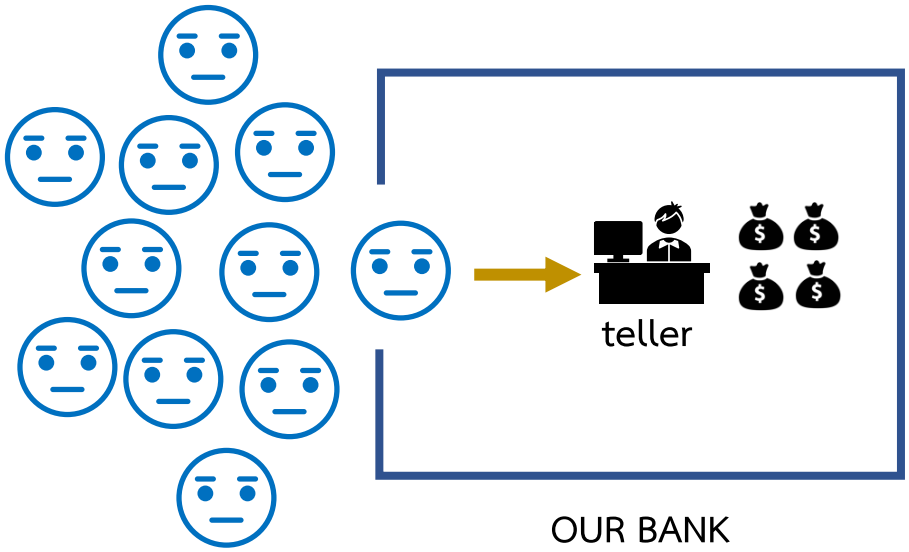
At a Bank



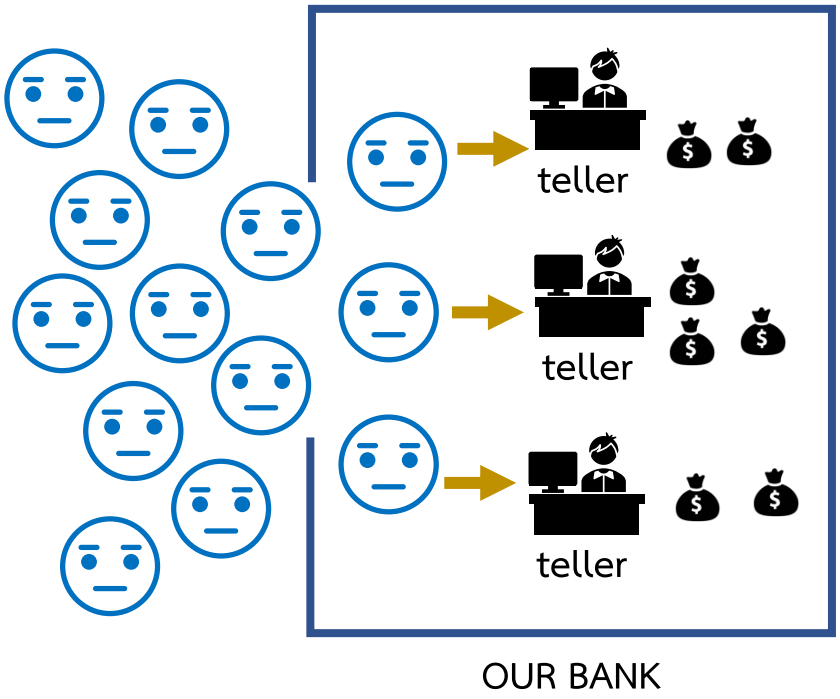
At a Bank



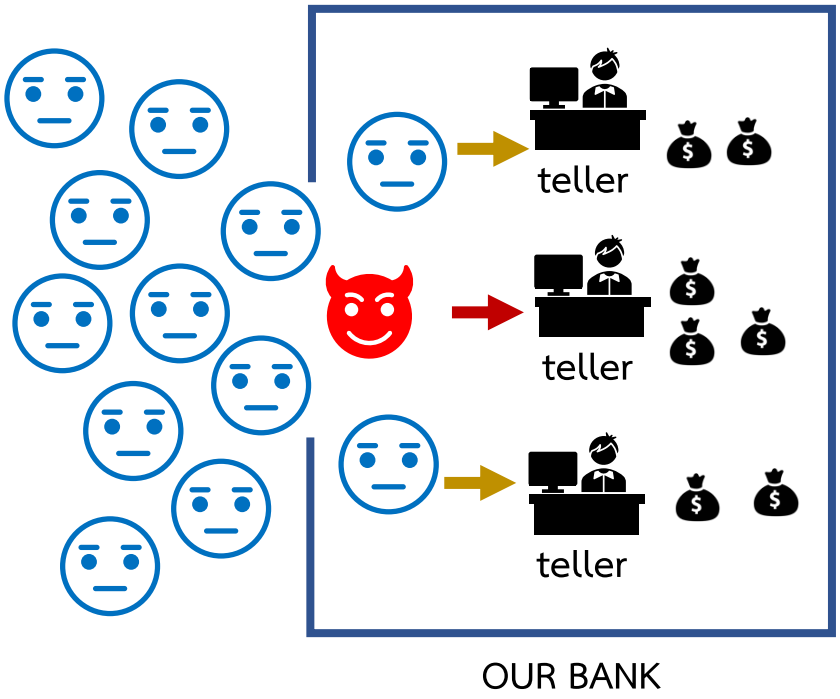
At a Bank



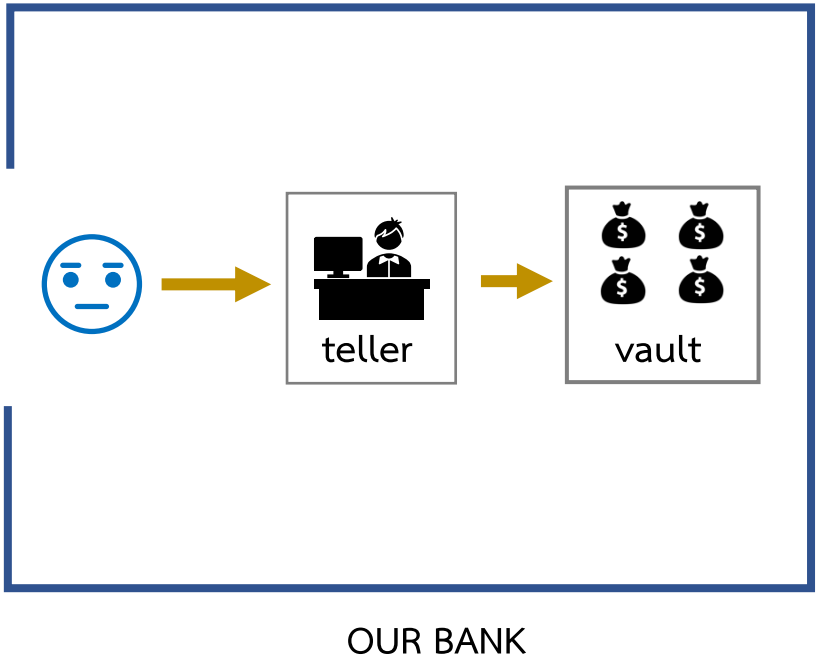
At a Bank



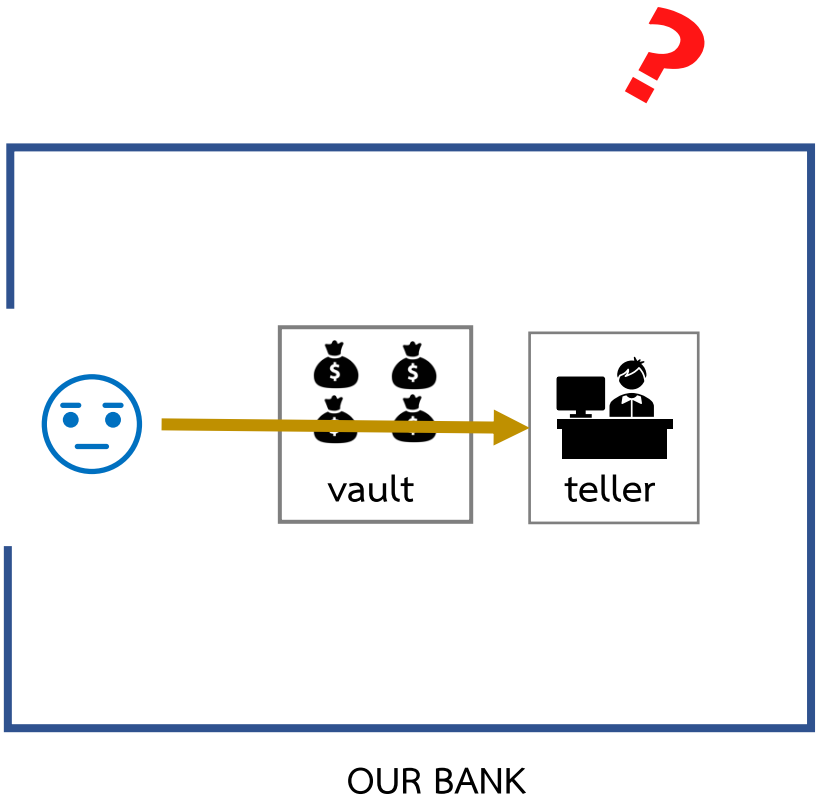
At a Bank



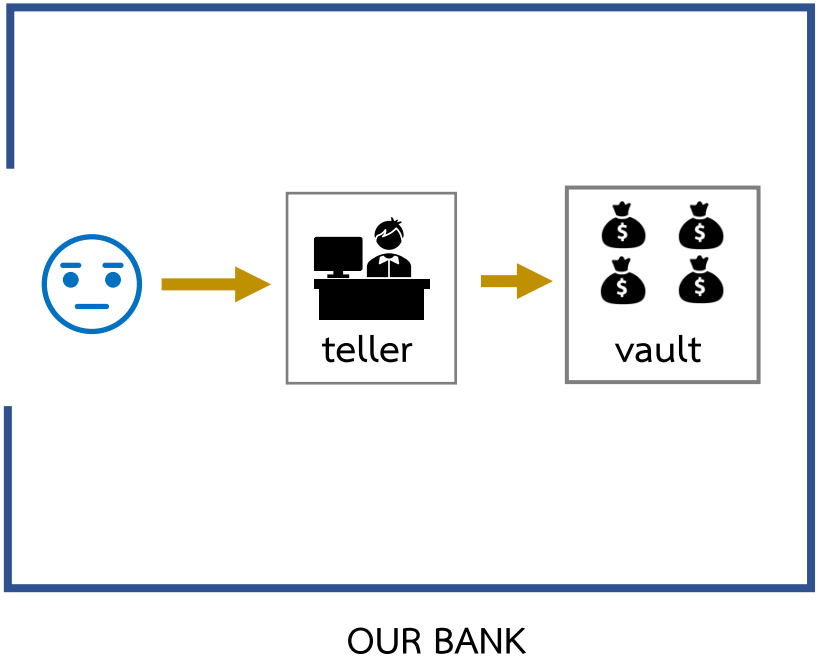
At a Bank



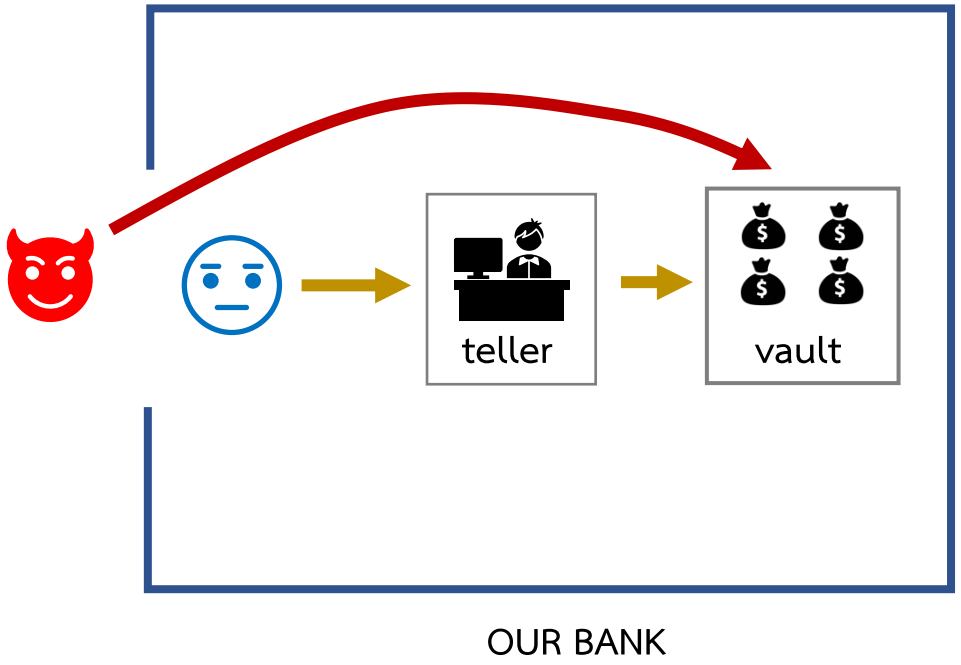
At a Bank



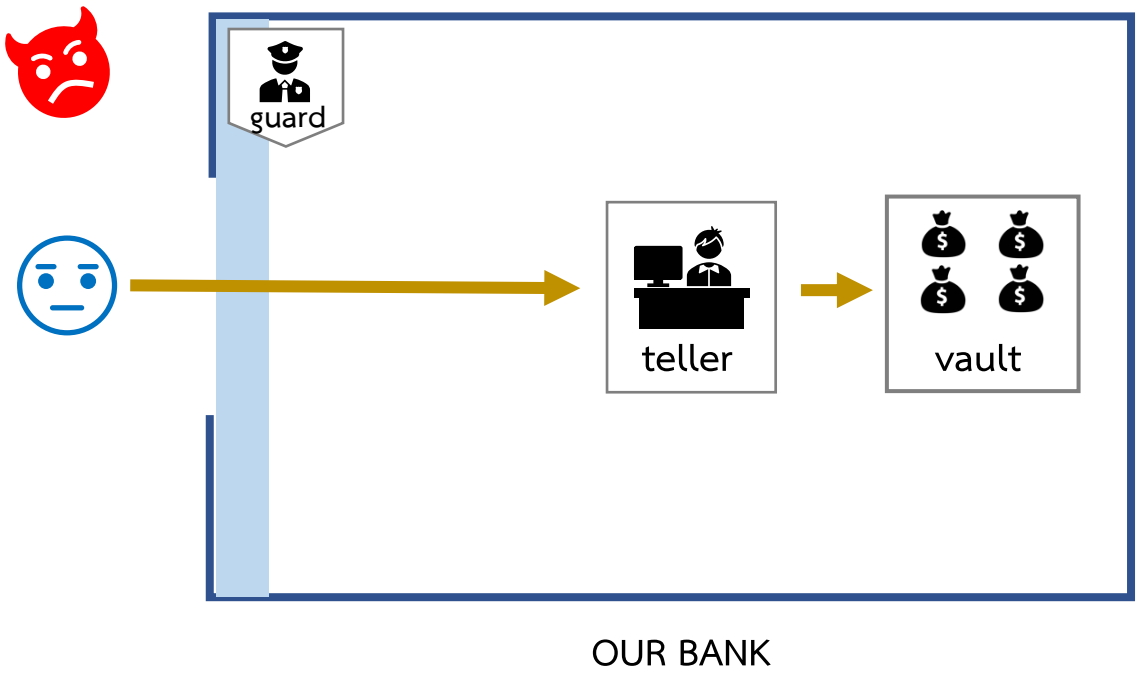
At a Bank



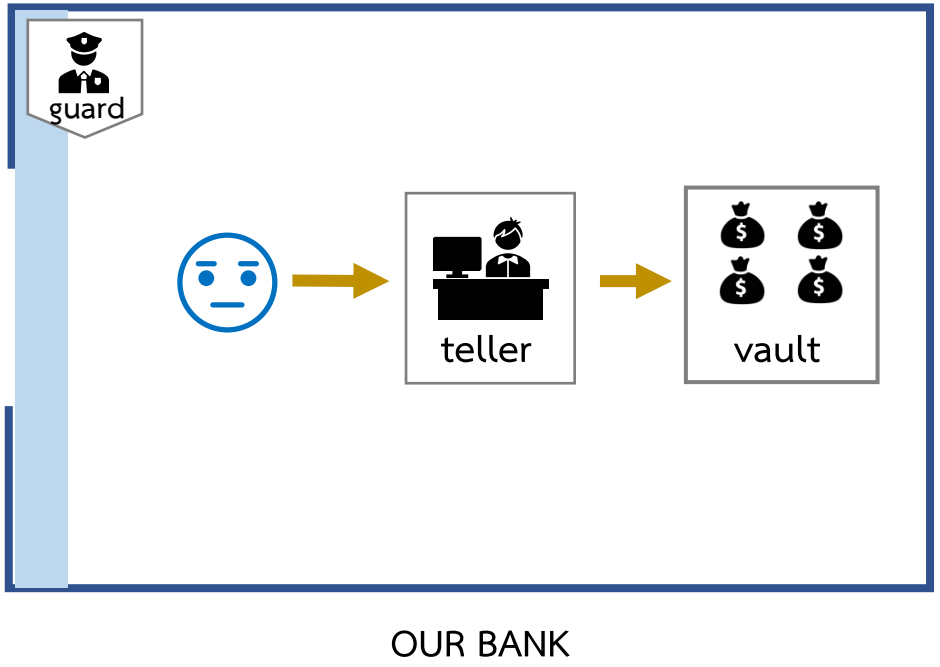
At a Bank



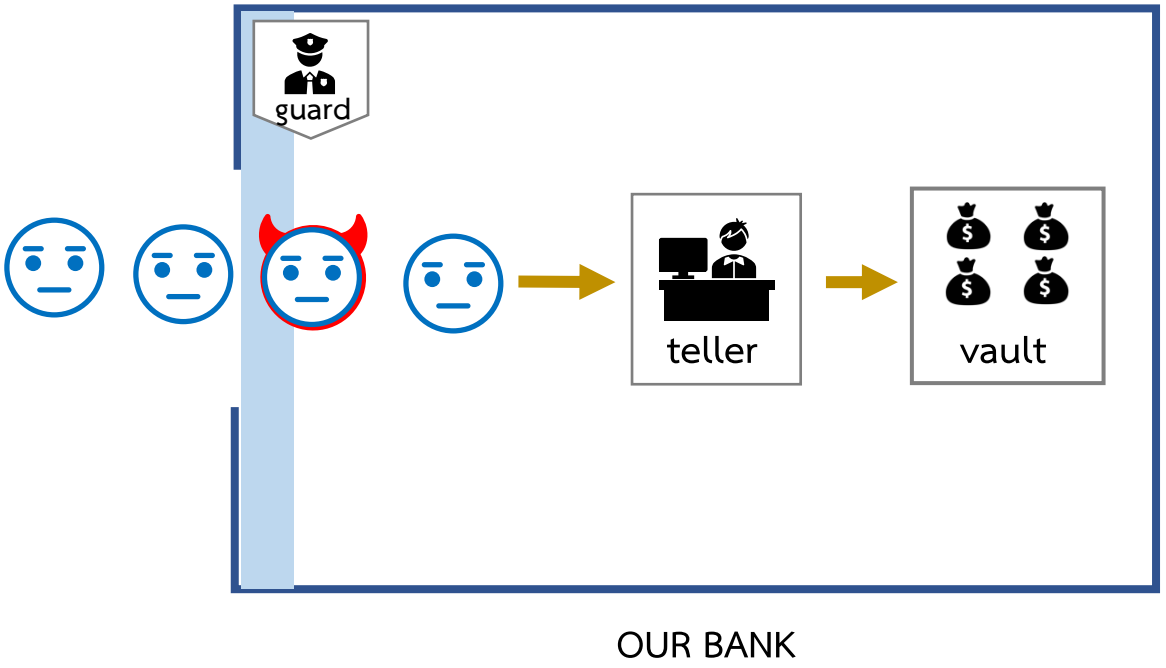
At a Bank



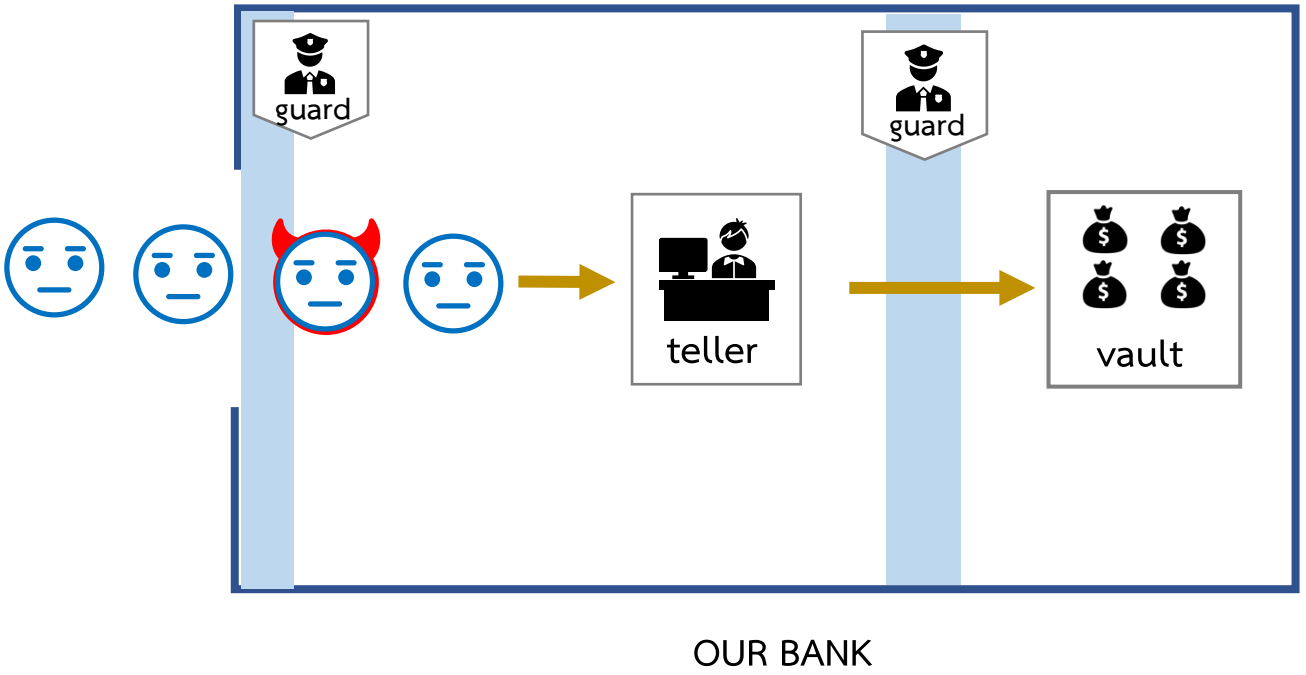
At a Bank



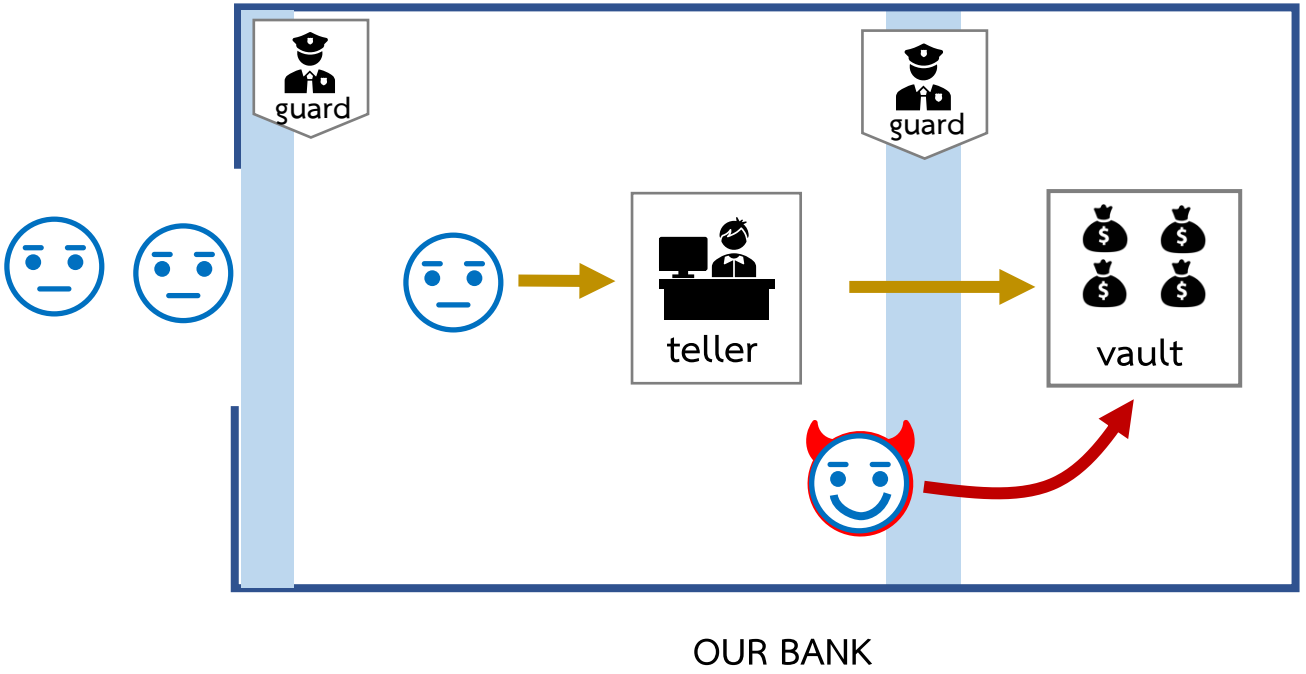
At a Bank



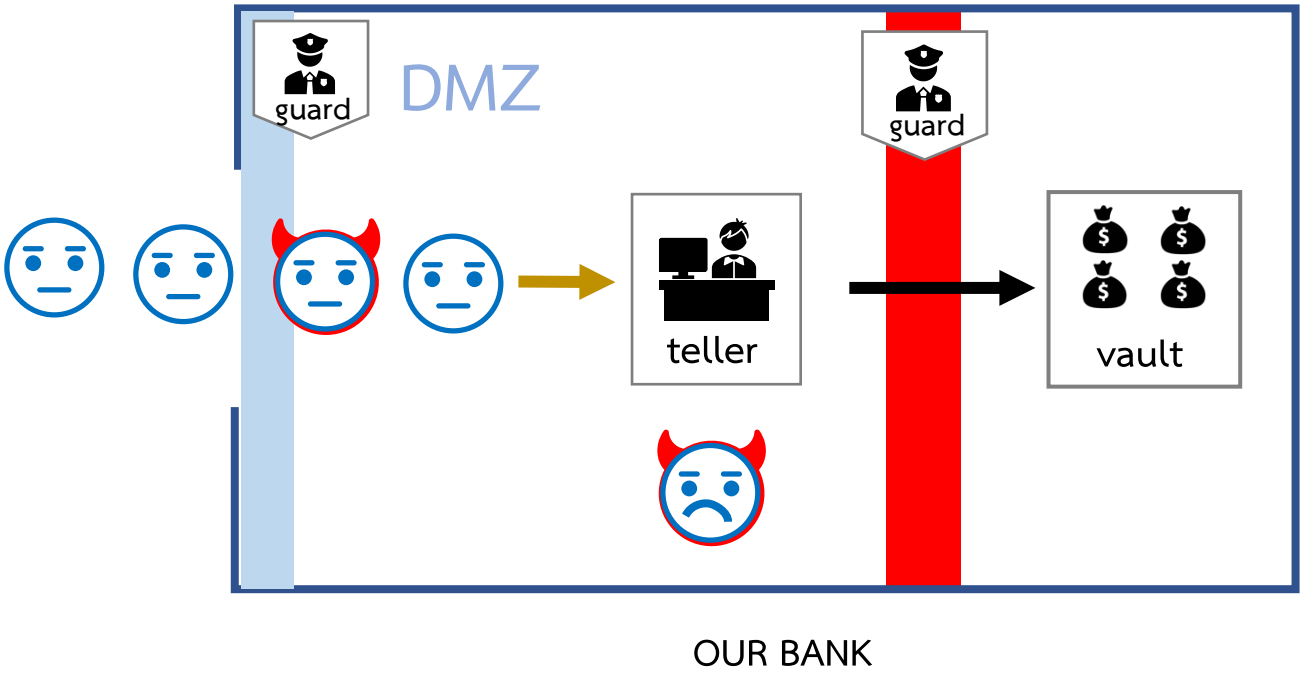
At a Bank



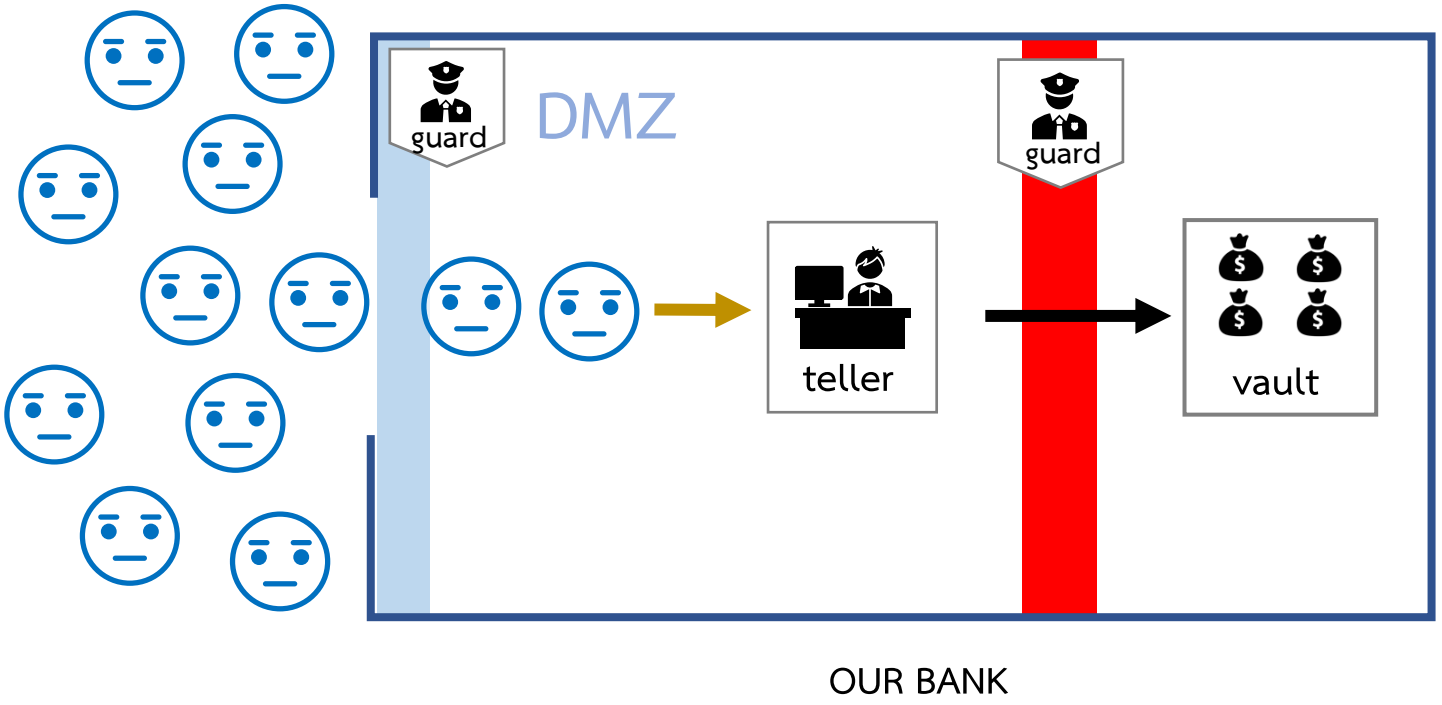
At a Bank



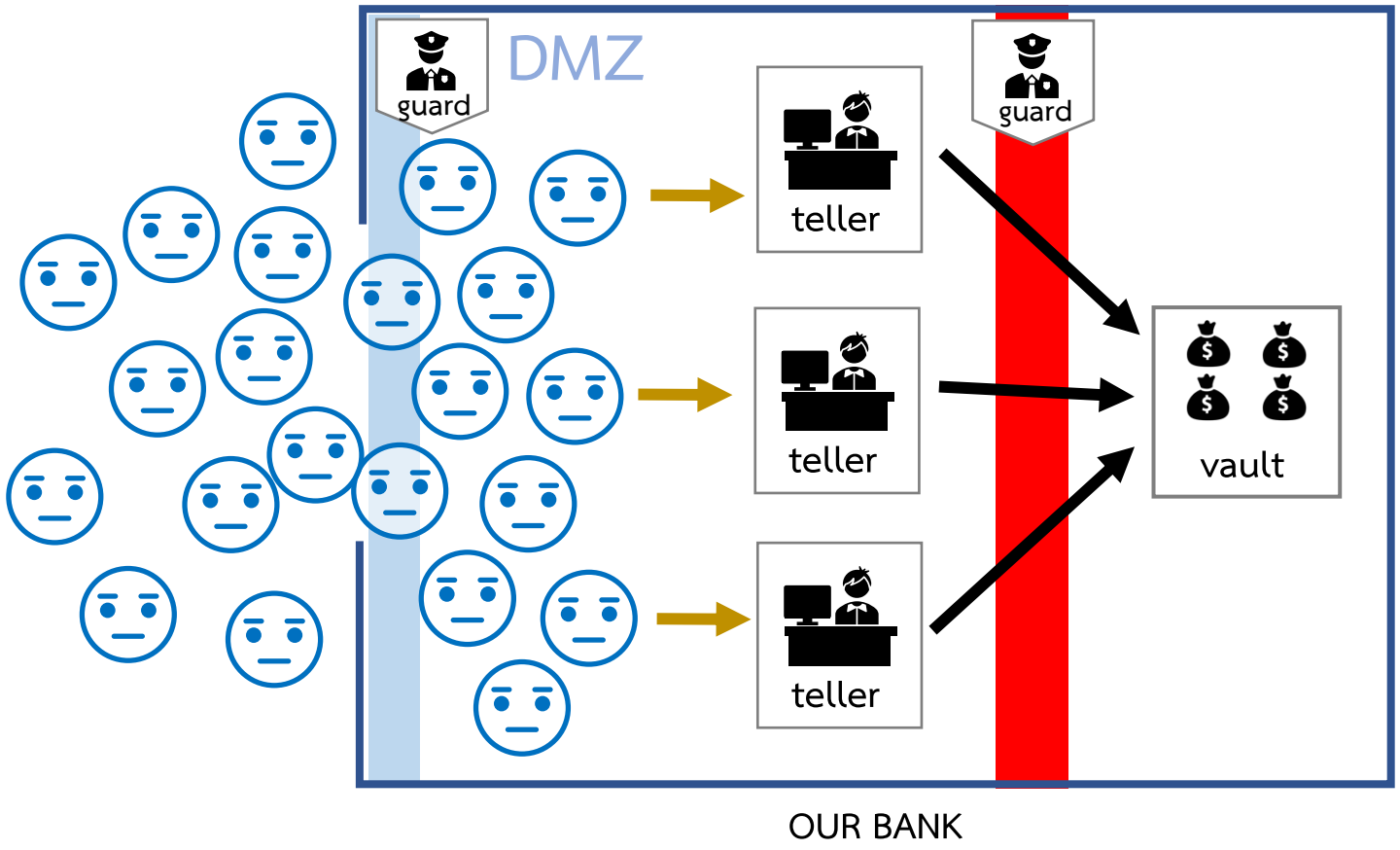
At a Bank



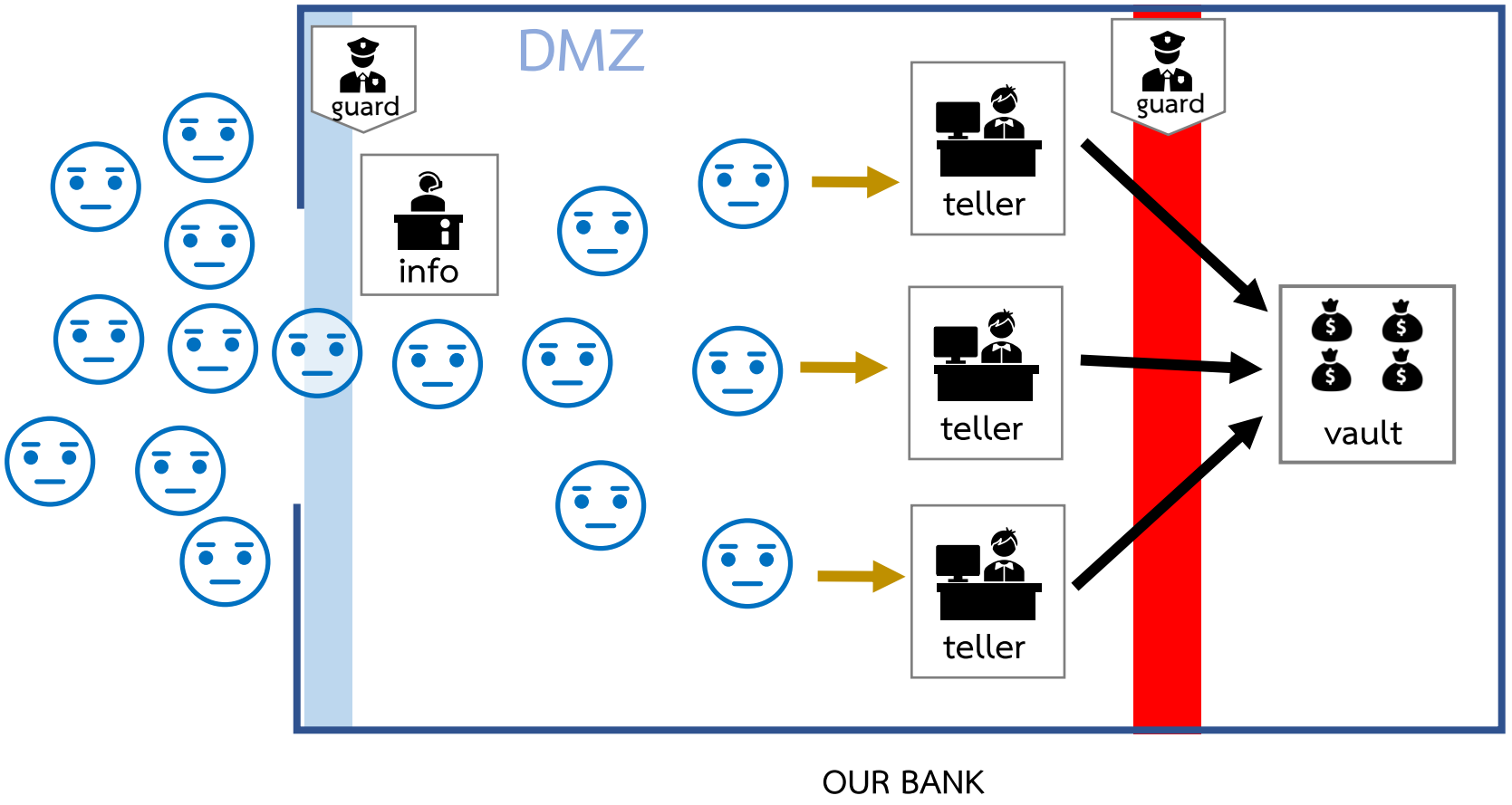
At a Bank



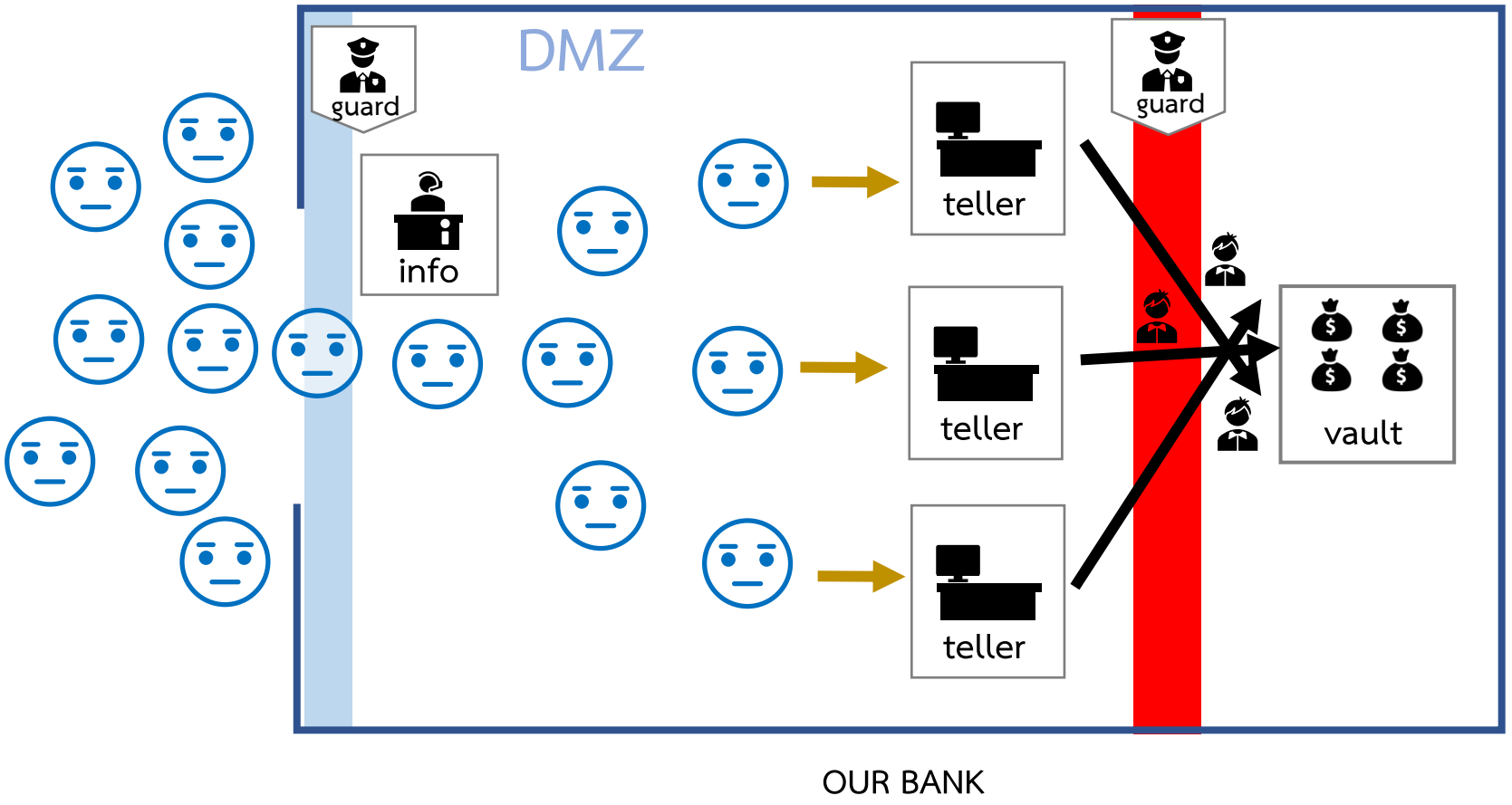
At a Bank



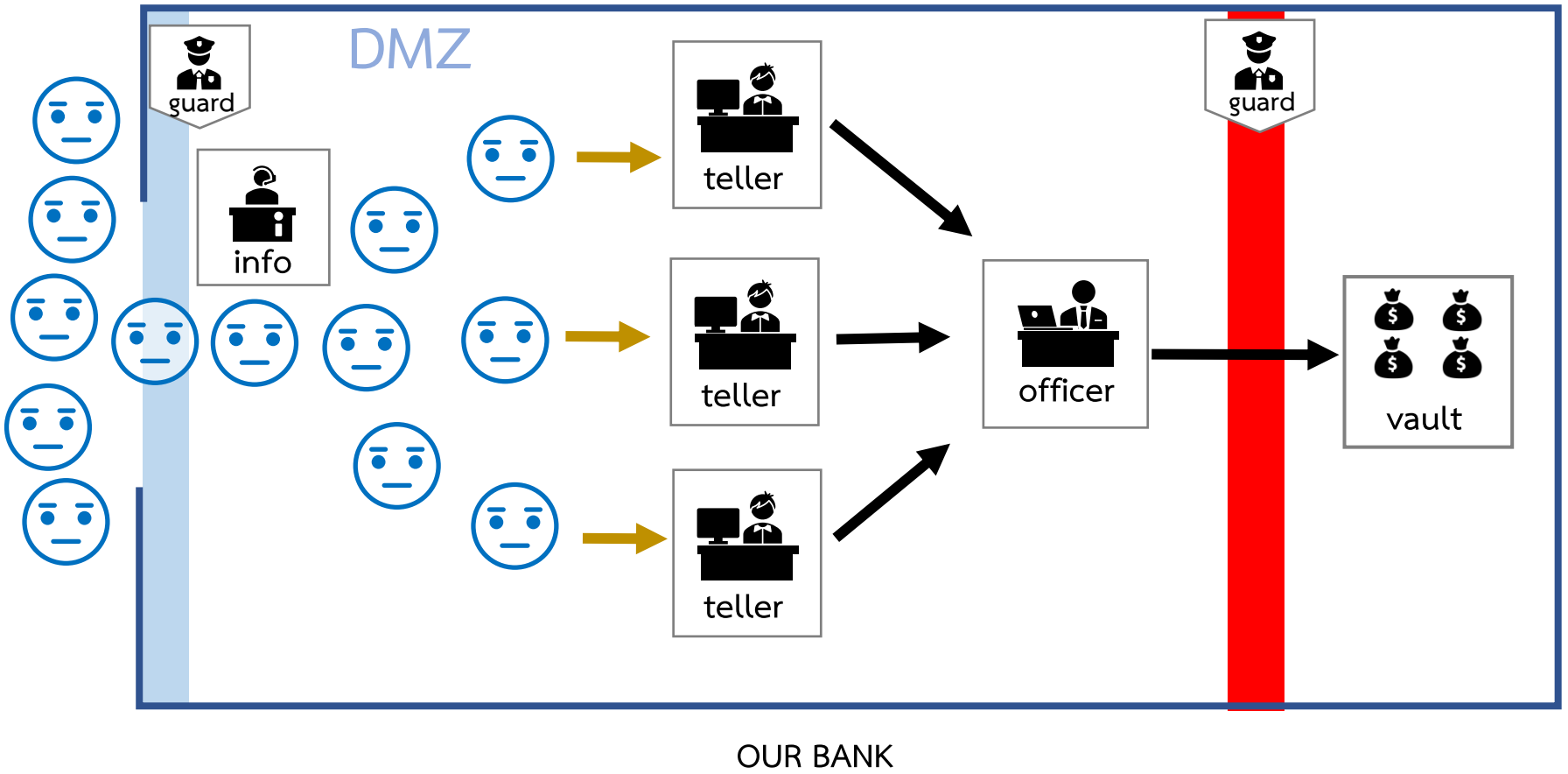
At a Bank



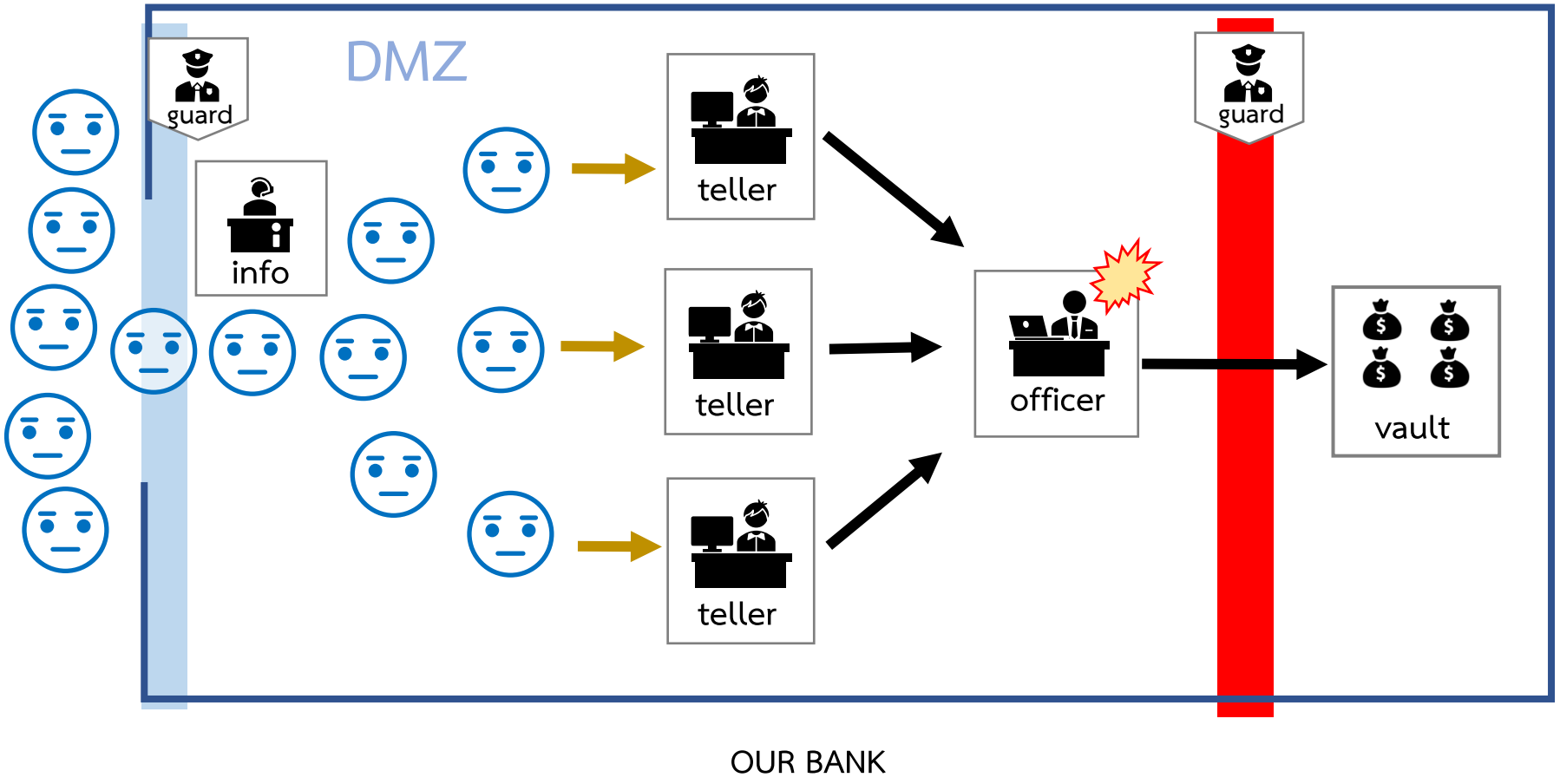
At a Bank



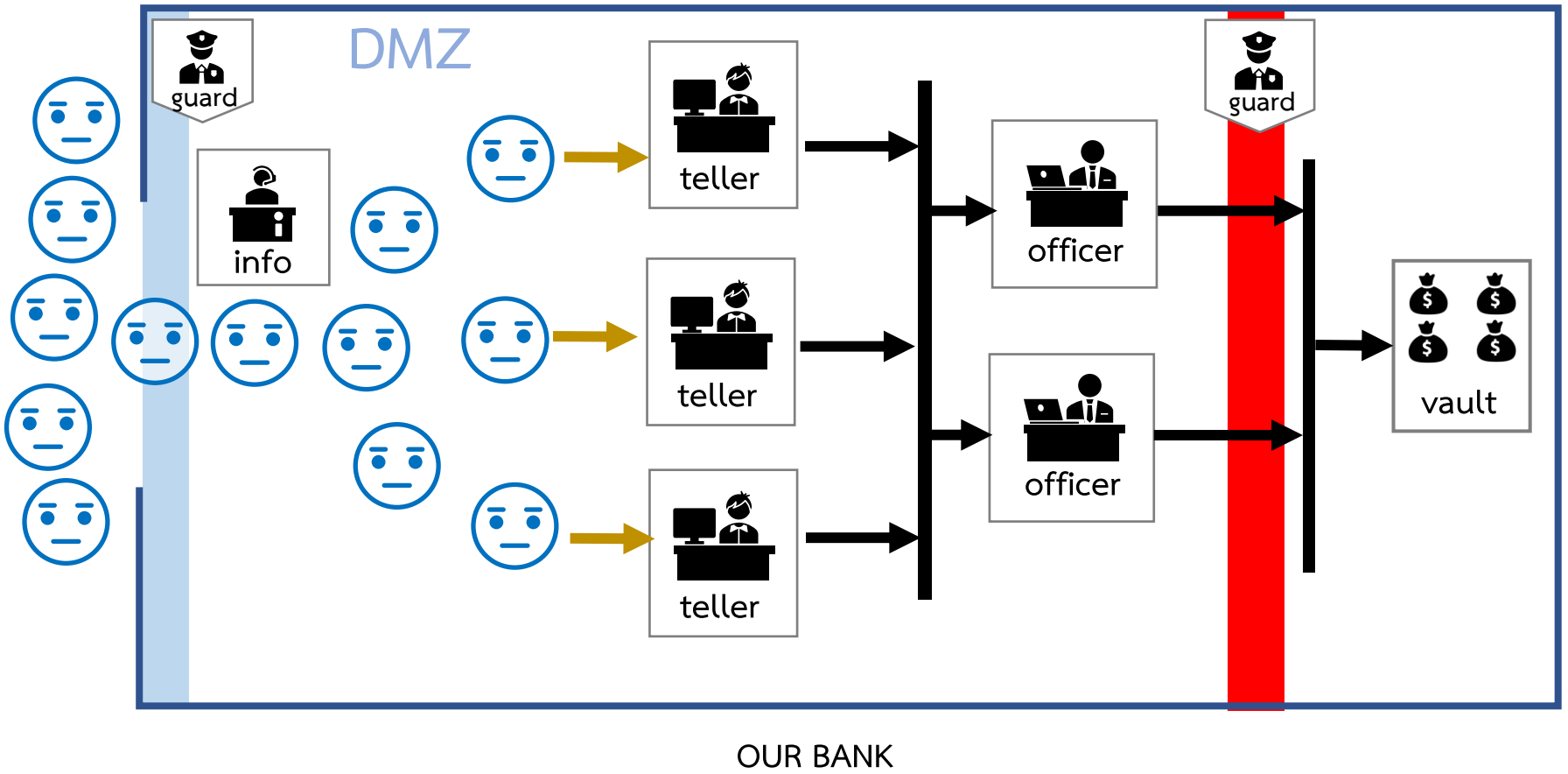
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
officer
guard
vault
OUR BANK

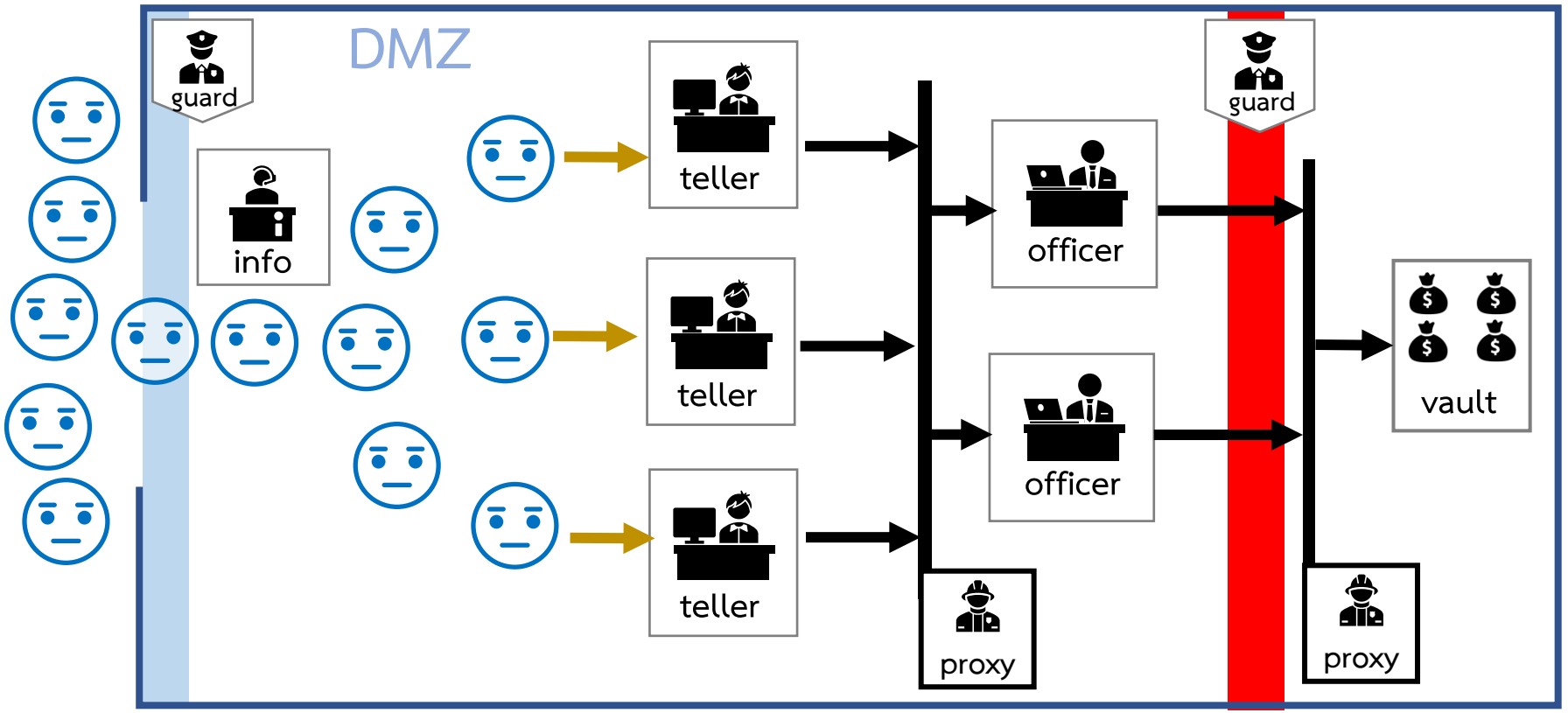
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
officer
vault
OUR BANK

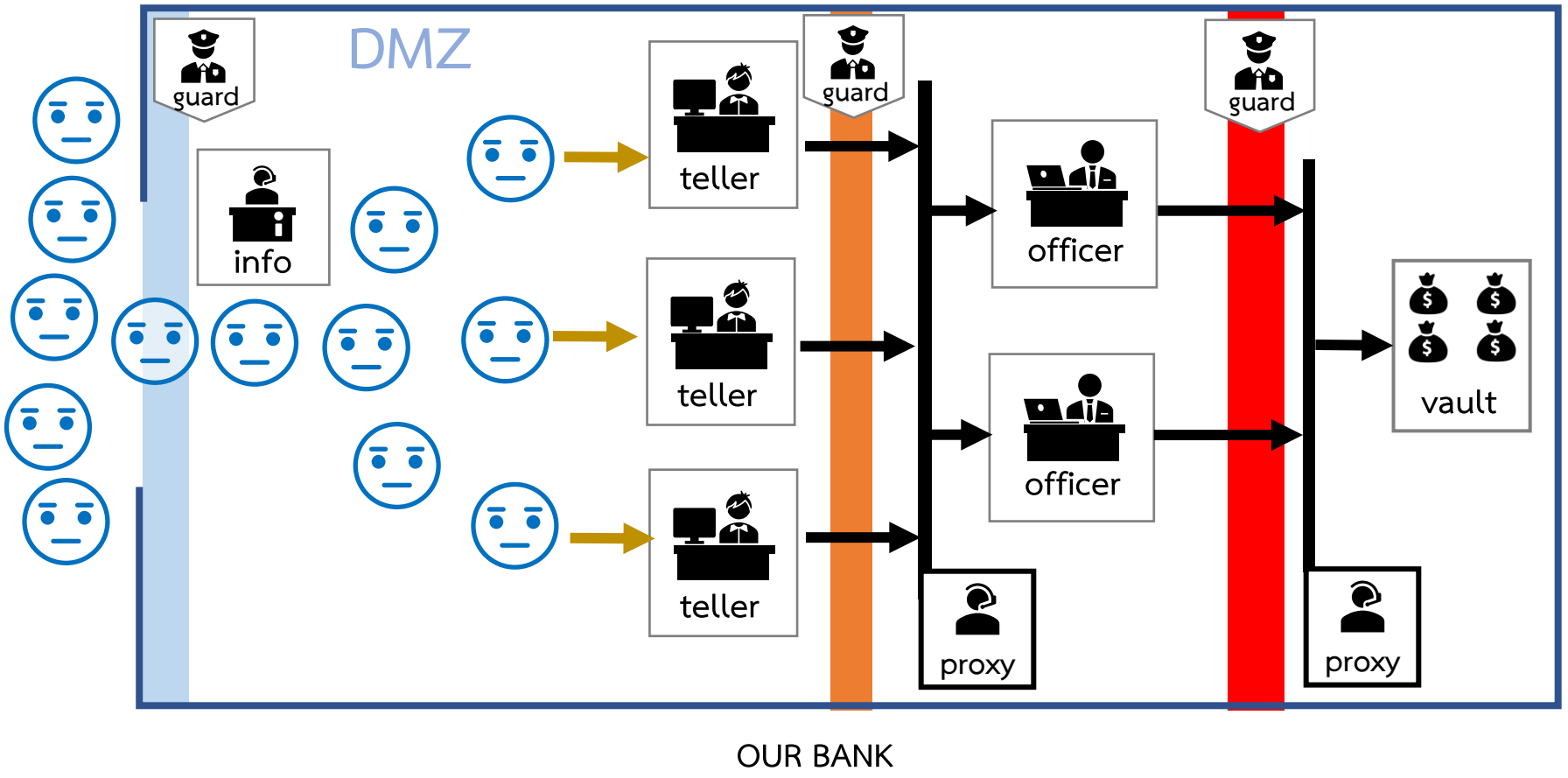
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
officer
officer
guard
vault
OUR BANK

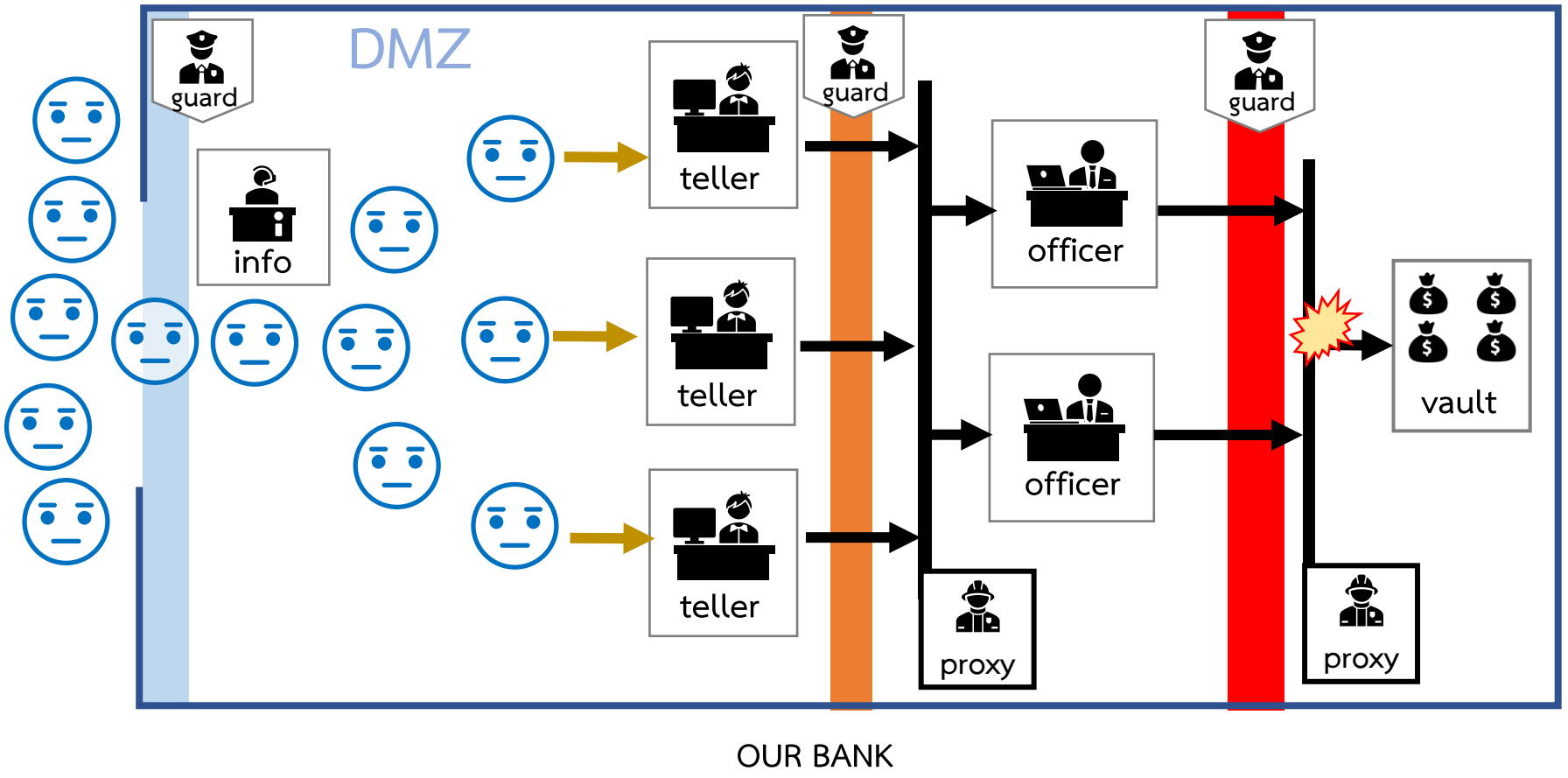
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
officer
officer
guard
vault
proxy
proxy
OUR BANK

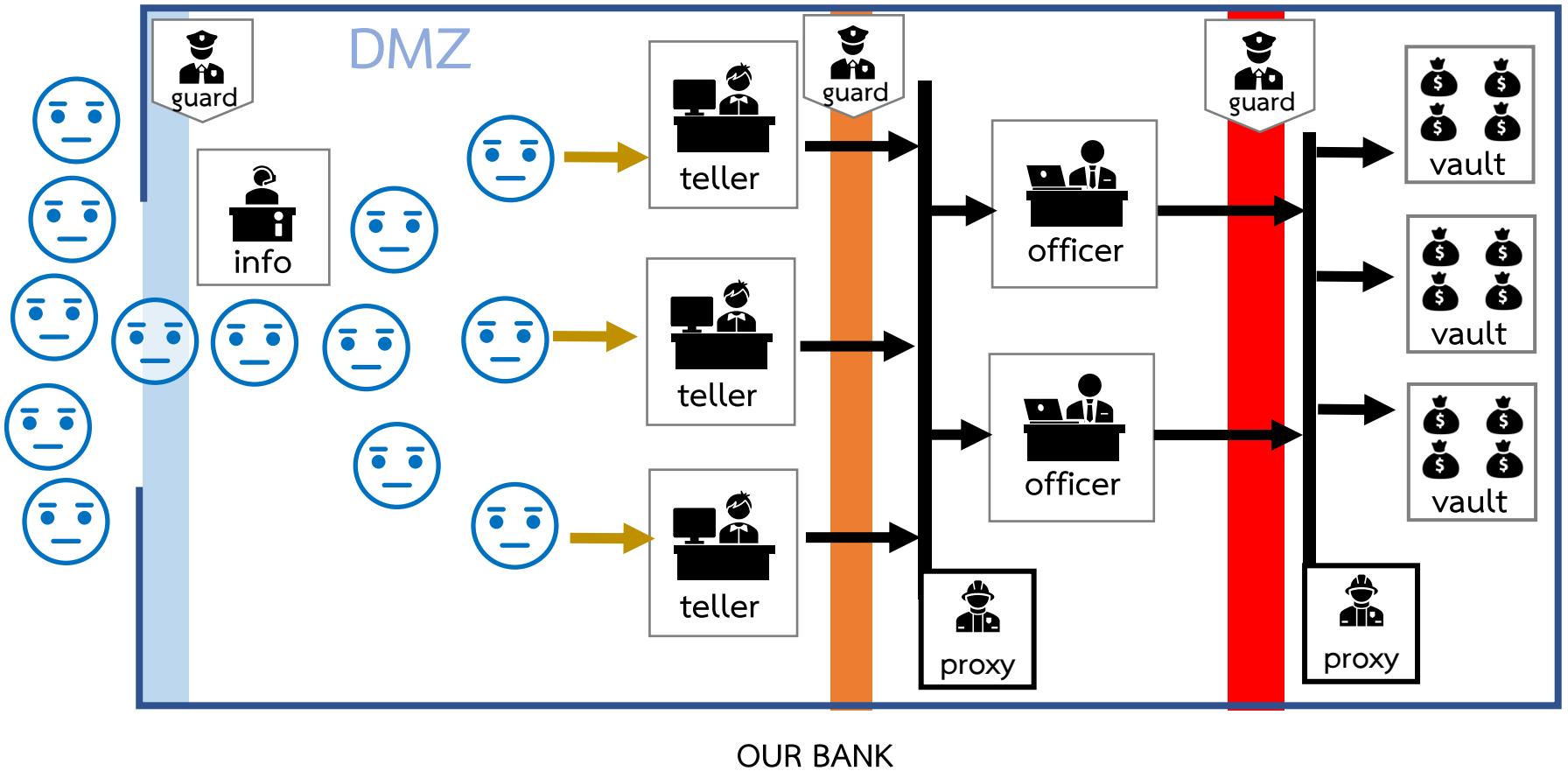
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
officer
officer
guard
vault
proxy
proxy
OUR BANK

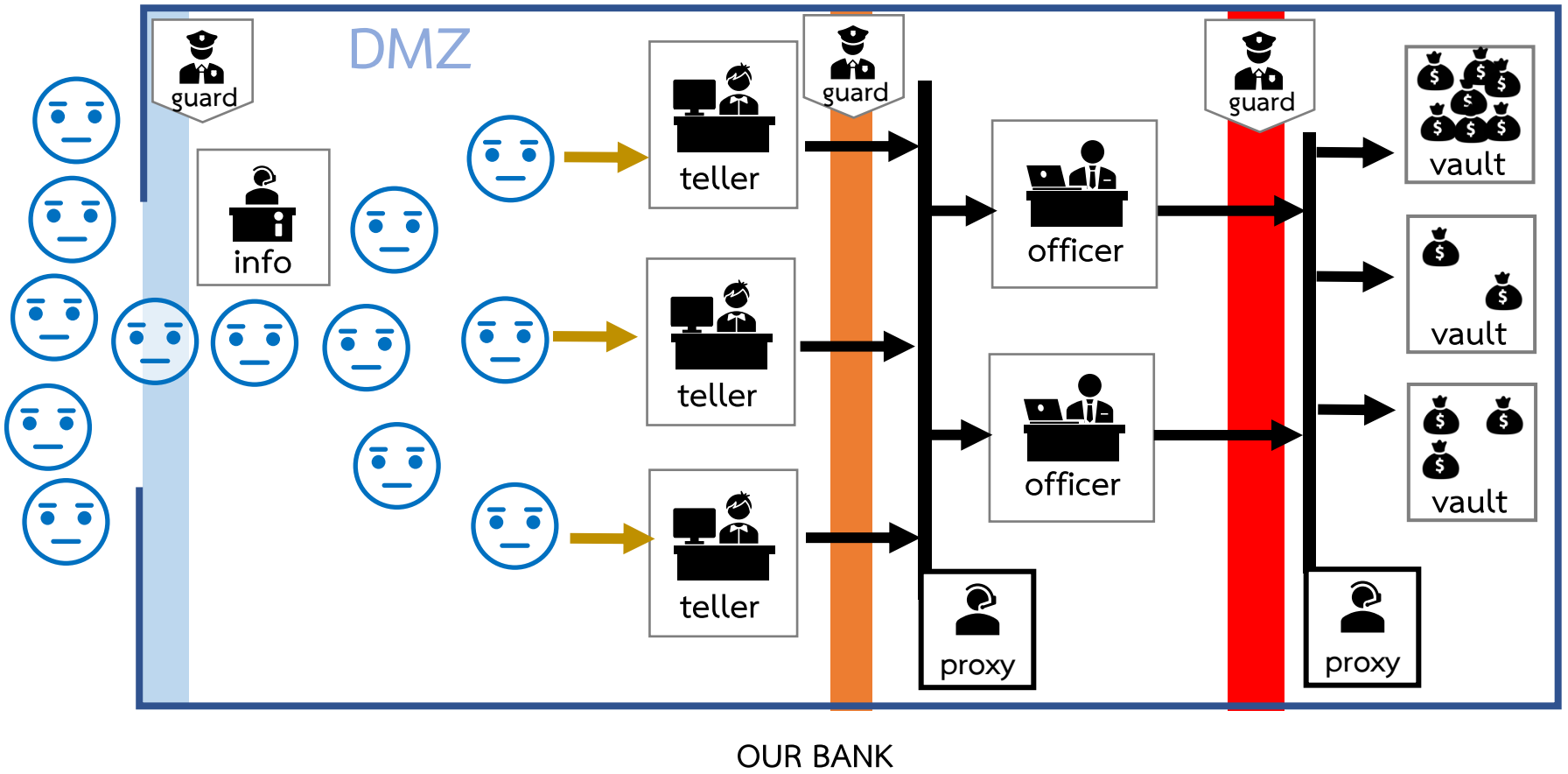
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
officer
officer
guard
vault
proxy
proxy
OUR BANK

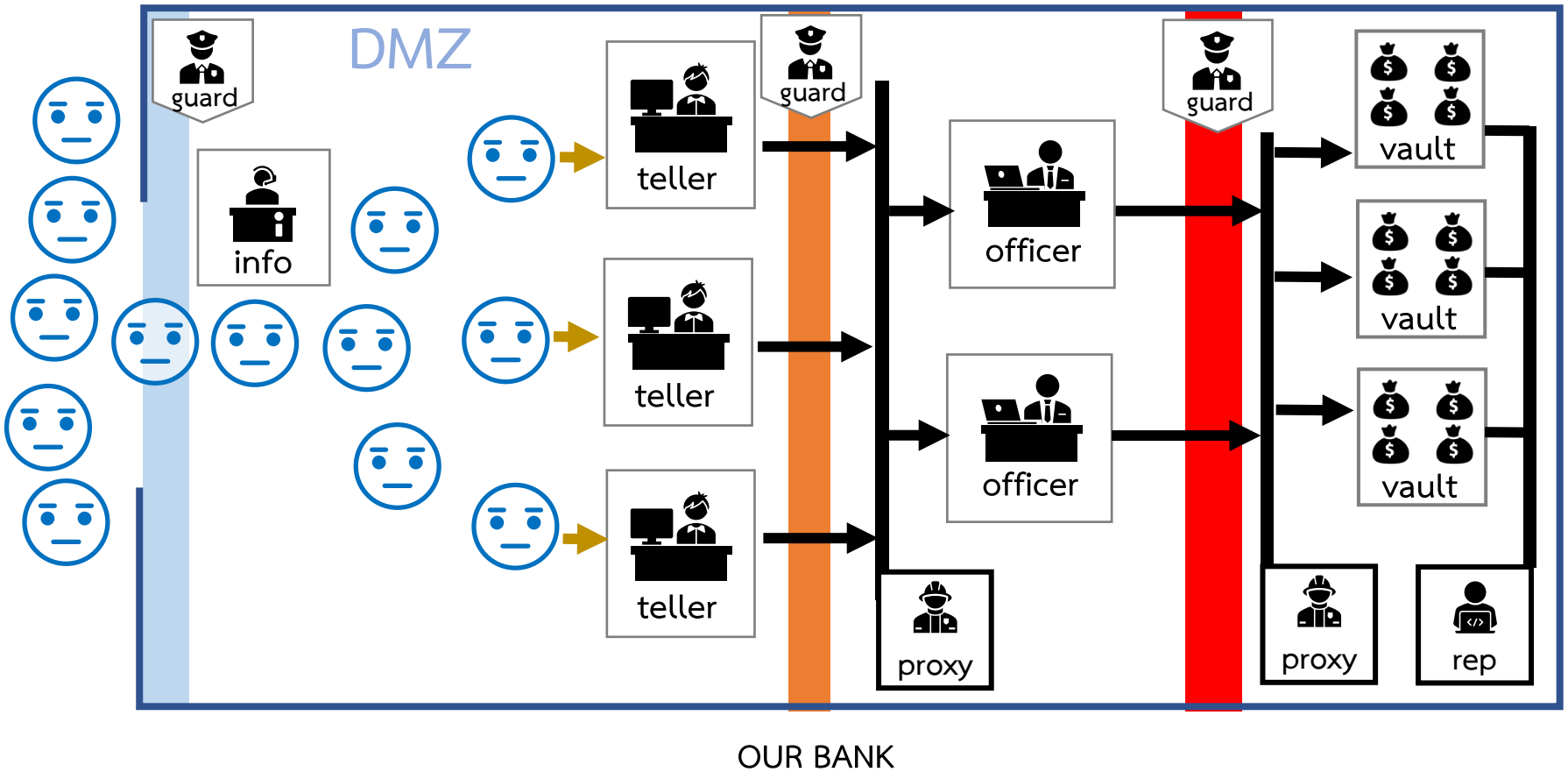
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
officer
officer
guard
vault
vault
vault
proxy
proxy
OUR BANK

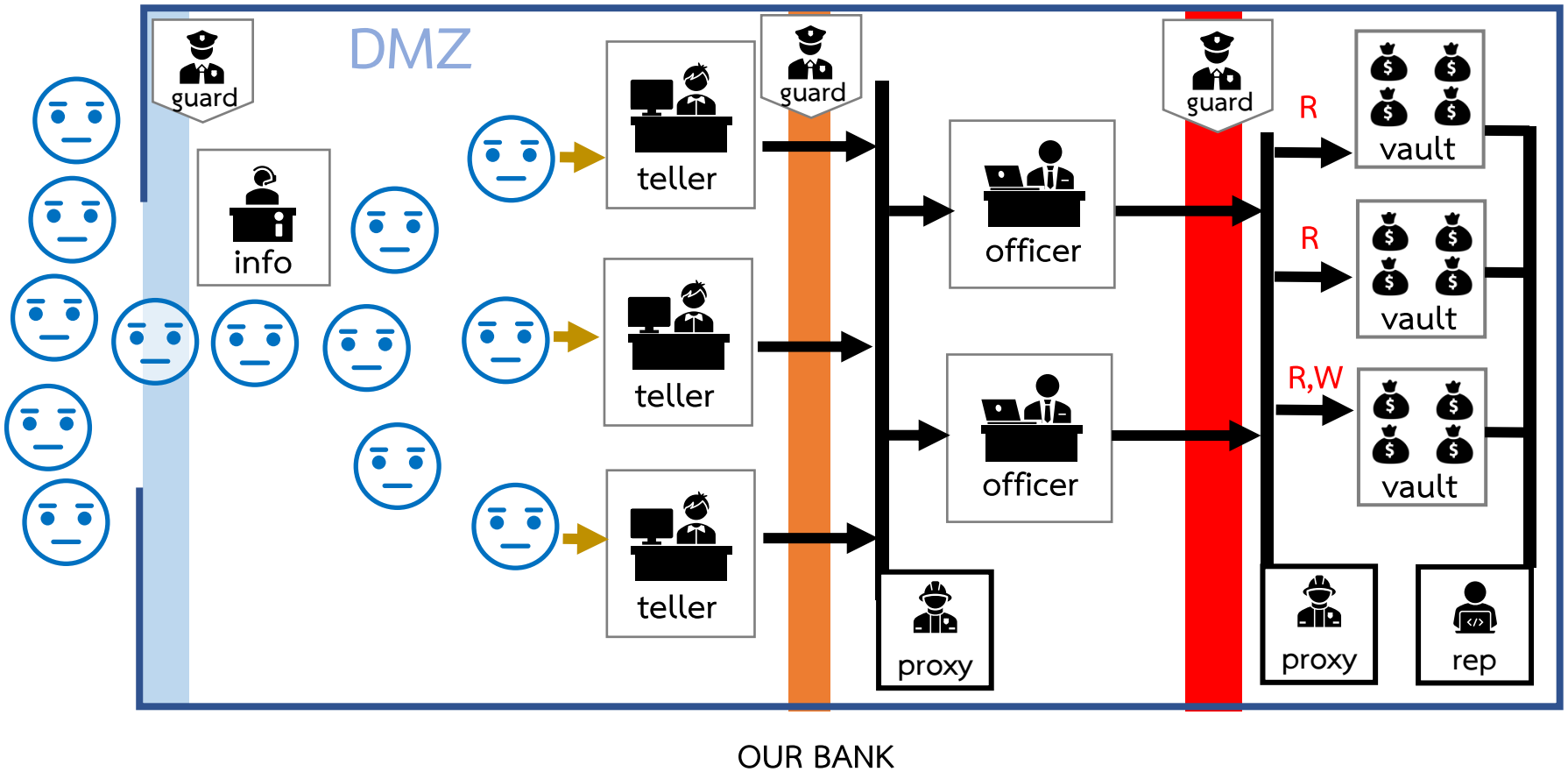
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
officer
officer
guard
vault
vault
vault
proxy
proxy
OUR BANK

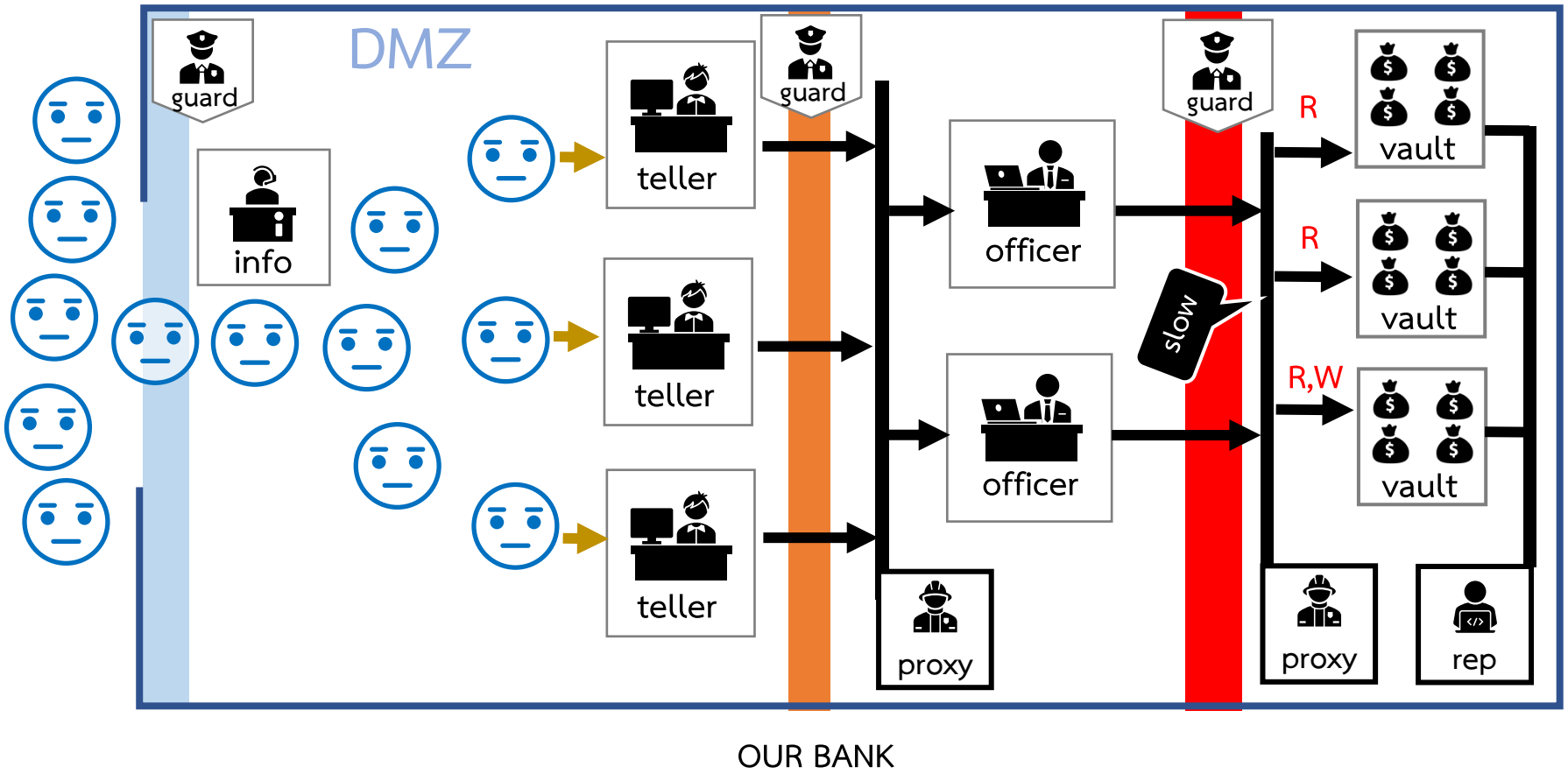
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
officer
officer
guard
vault
vault
vault
proxy
proxy
rep
OUR BANK

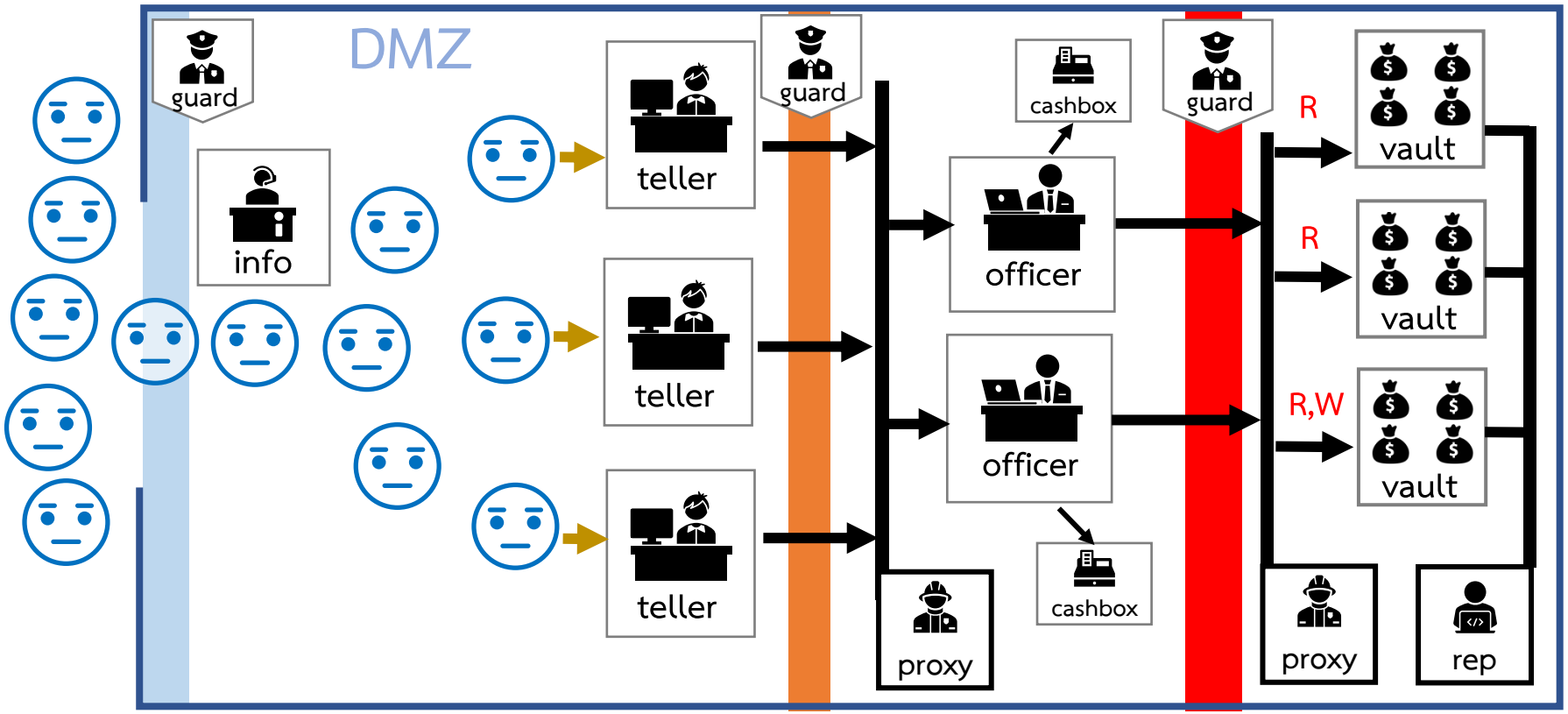
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
officer
officer
guard
R
R
R,W
vault
vault
vault
proxy
proxy
rep
OUR BANK

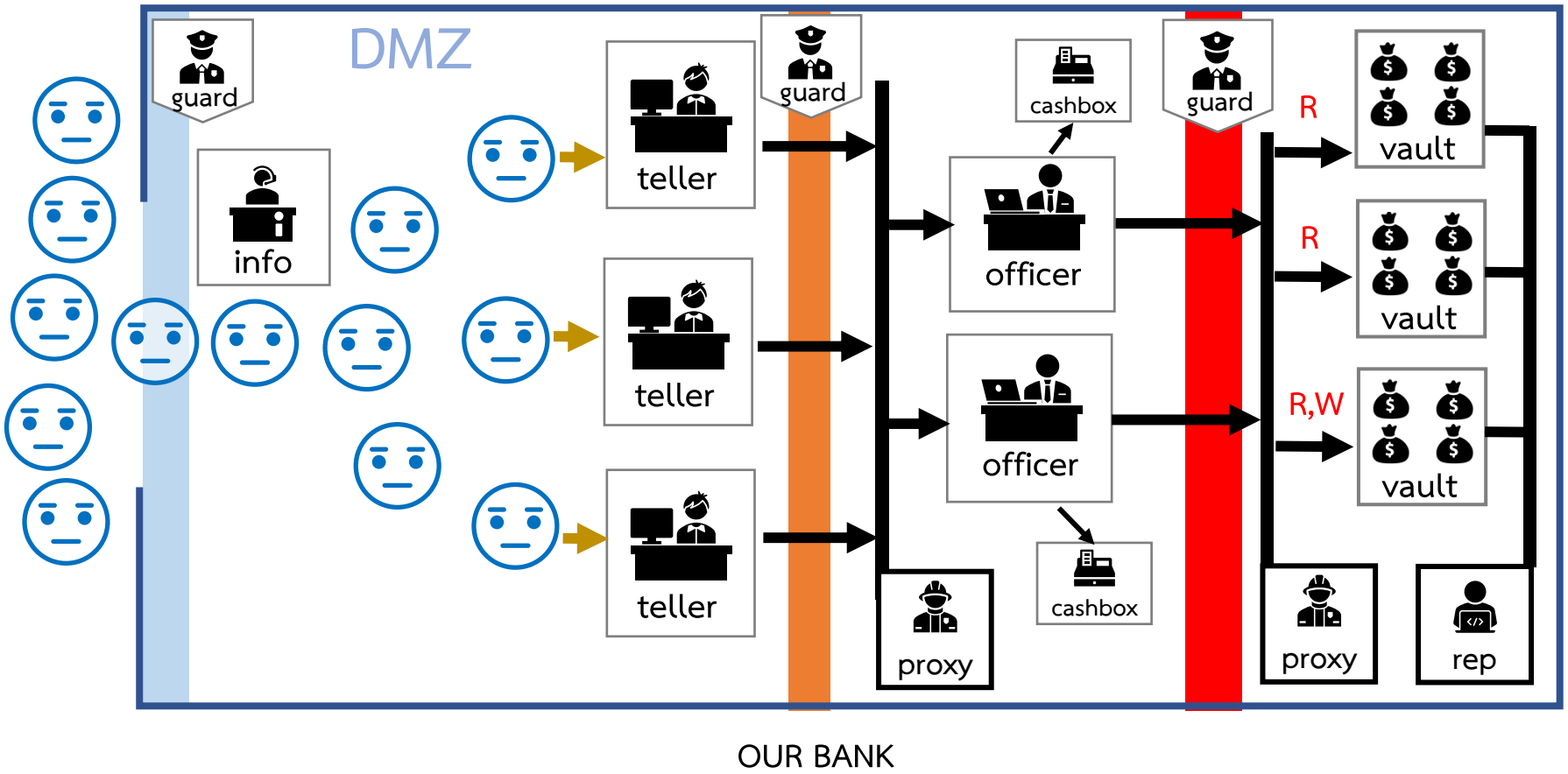
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
officer
officer
proxy
guard
slow
R
R
R,W
vault
vault
vault
proxy
rep
OUR BANK

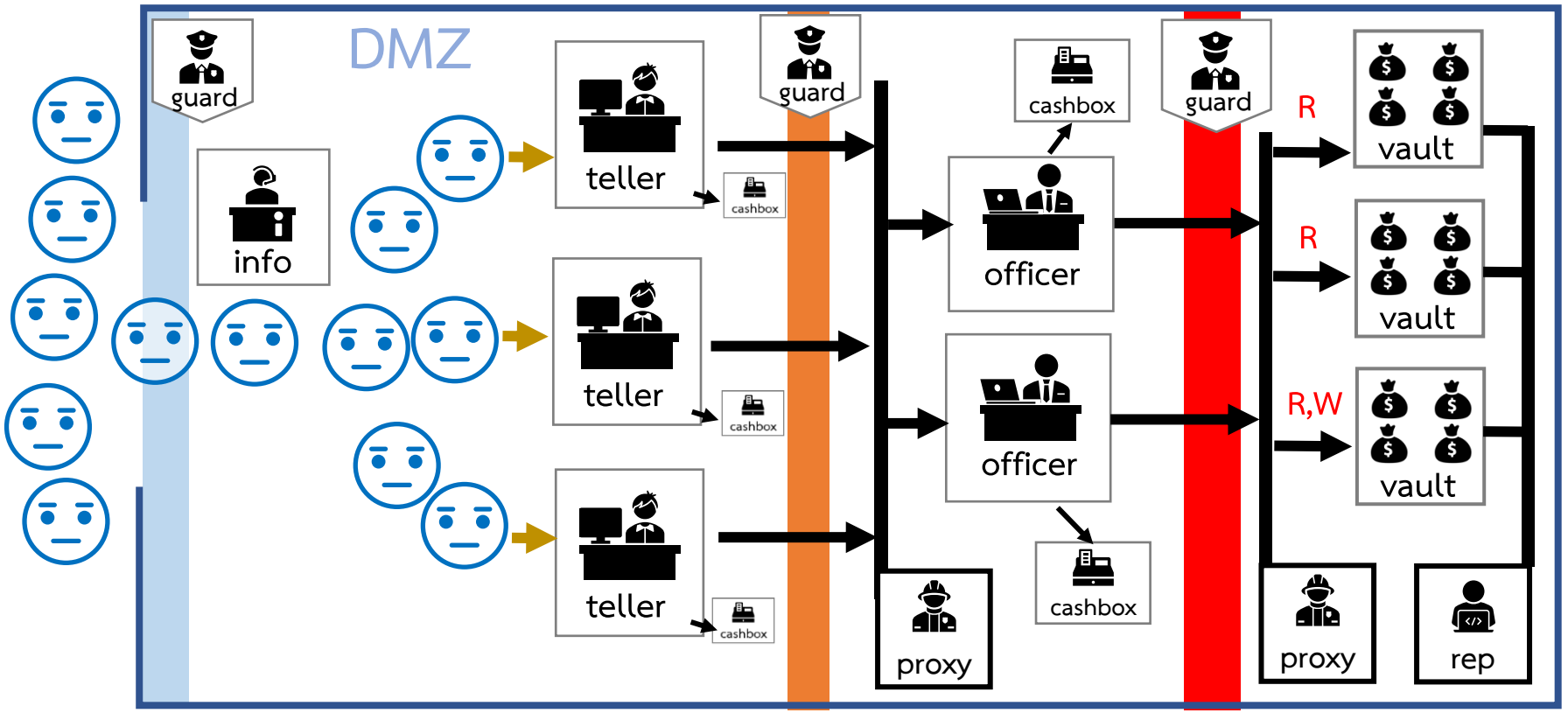
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
cashbox
officer
officer
cashbox
guard
R
R
R,W
vault
vault
vault
proxy
proxy
rep
OUR BANK

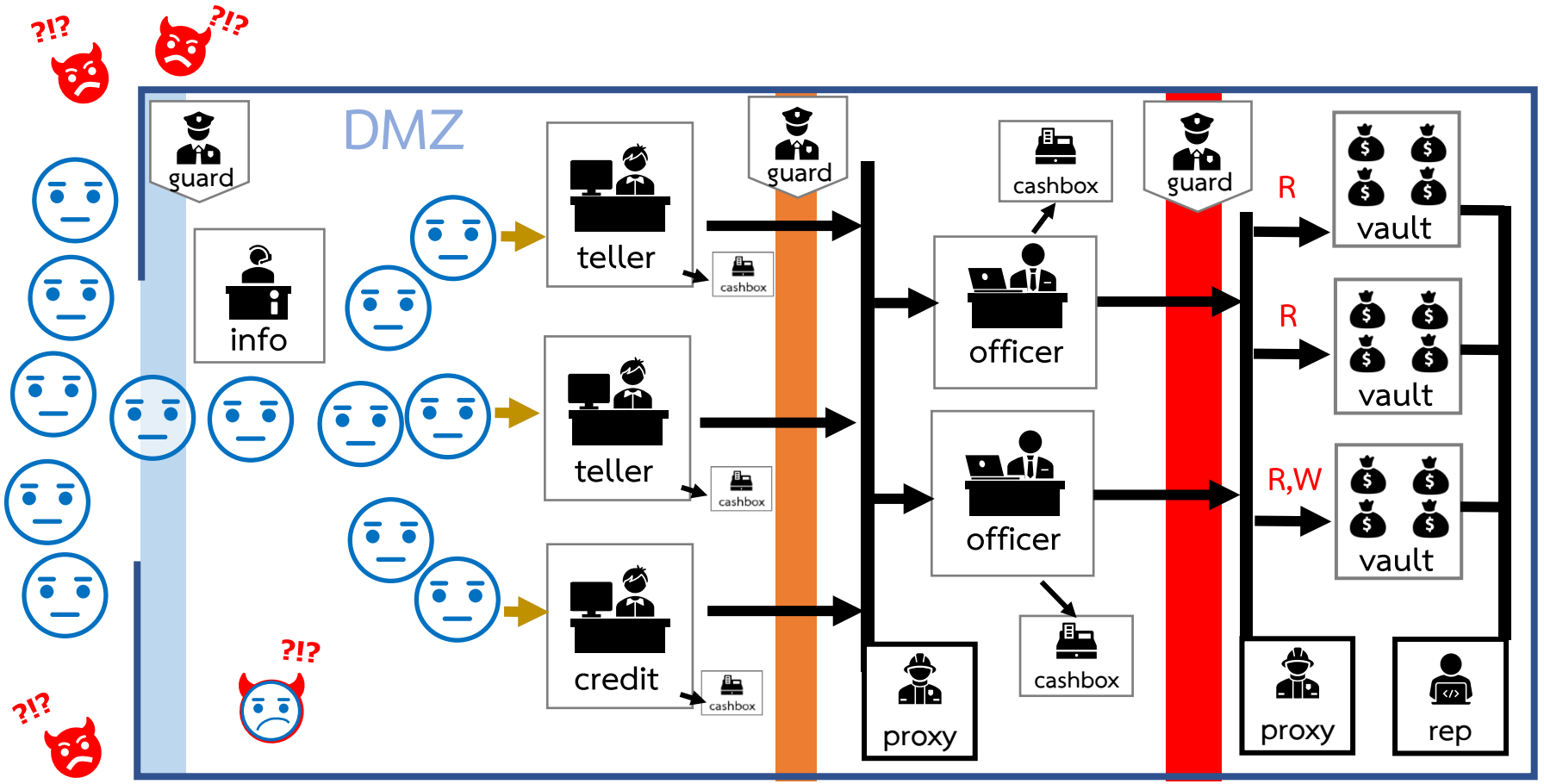
At a Bank


DMZ
guard
info
teller
teller
teller
guard
cashbox
officer
officer
cashbox
guard
R
R
R,W
vault
vault
vault
proxy
proxy
rep
OUR BANK

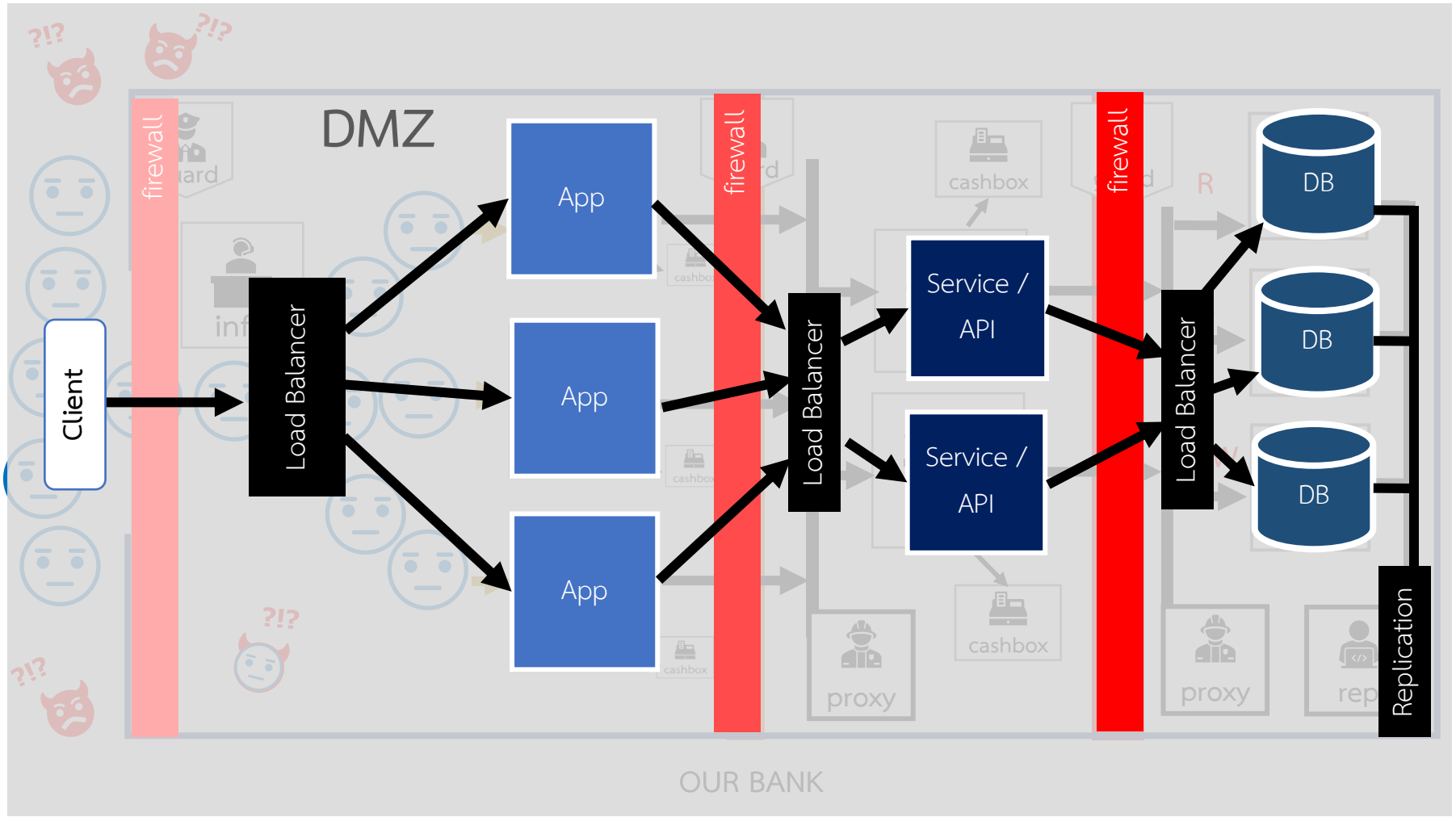
At a Bank


guard
DMZ
info
teller
cashbox
teller
cashbox
teller
cashbox
guard
officer
officer
cashbox
cashbox
guard
R
R
R,W
vault
vault
vault
proxy
proxy
rep
OUR BANK

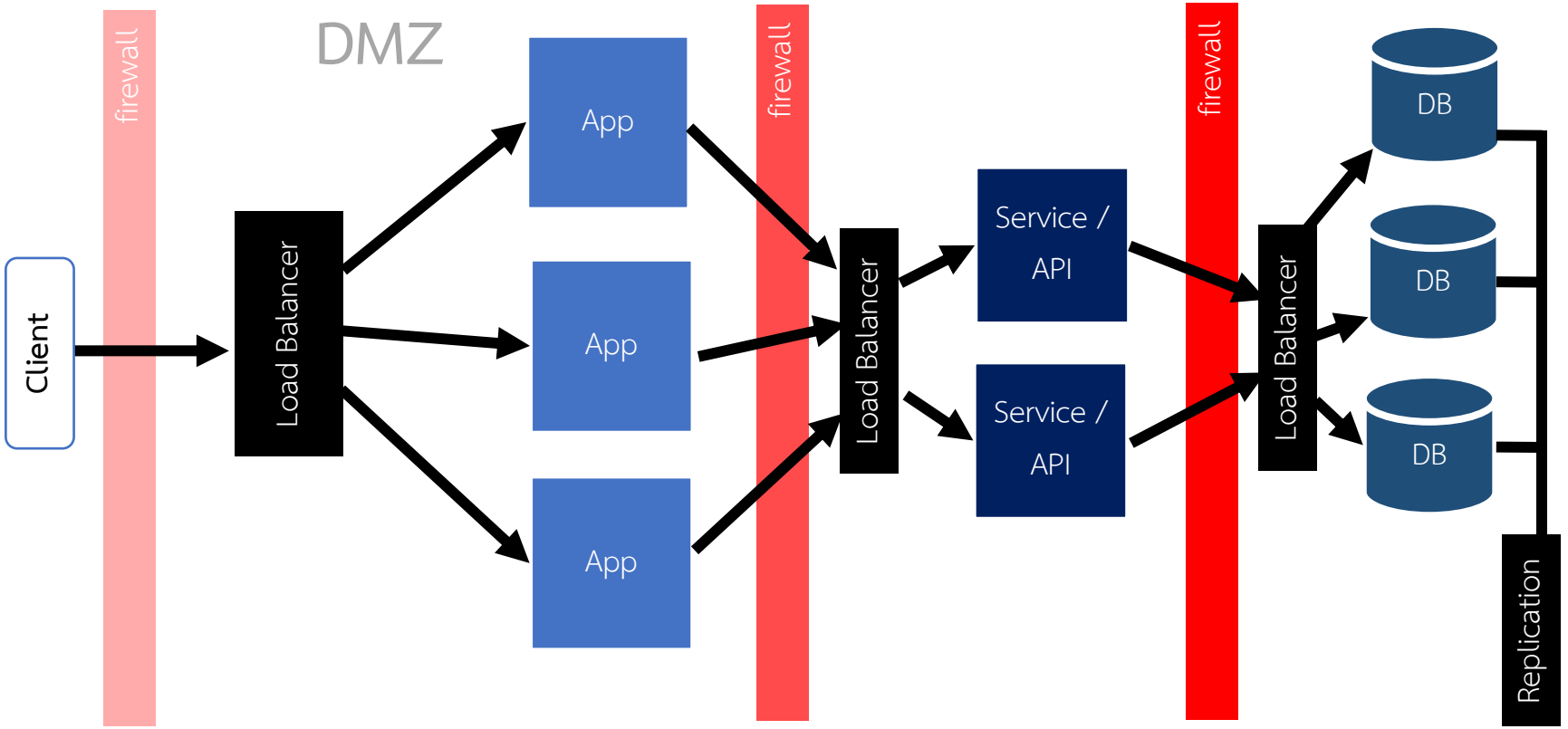
At a Bank


?!?
?!?
?!?
?!?
DMZ
guard
info
teller
teller
credit
cashbox
cashbox
cashbox
guard
guard
cashbox
officer
officer
cashbox
proxy
R
R
R,W
vault
vault
vault
proxy
rep
OUR BANK

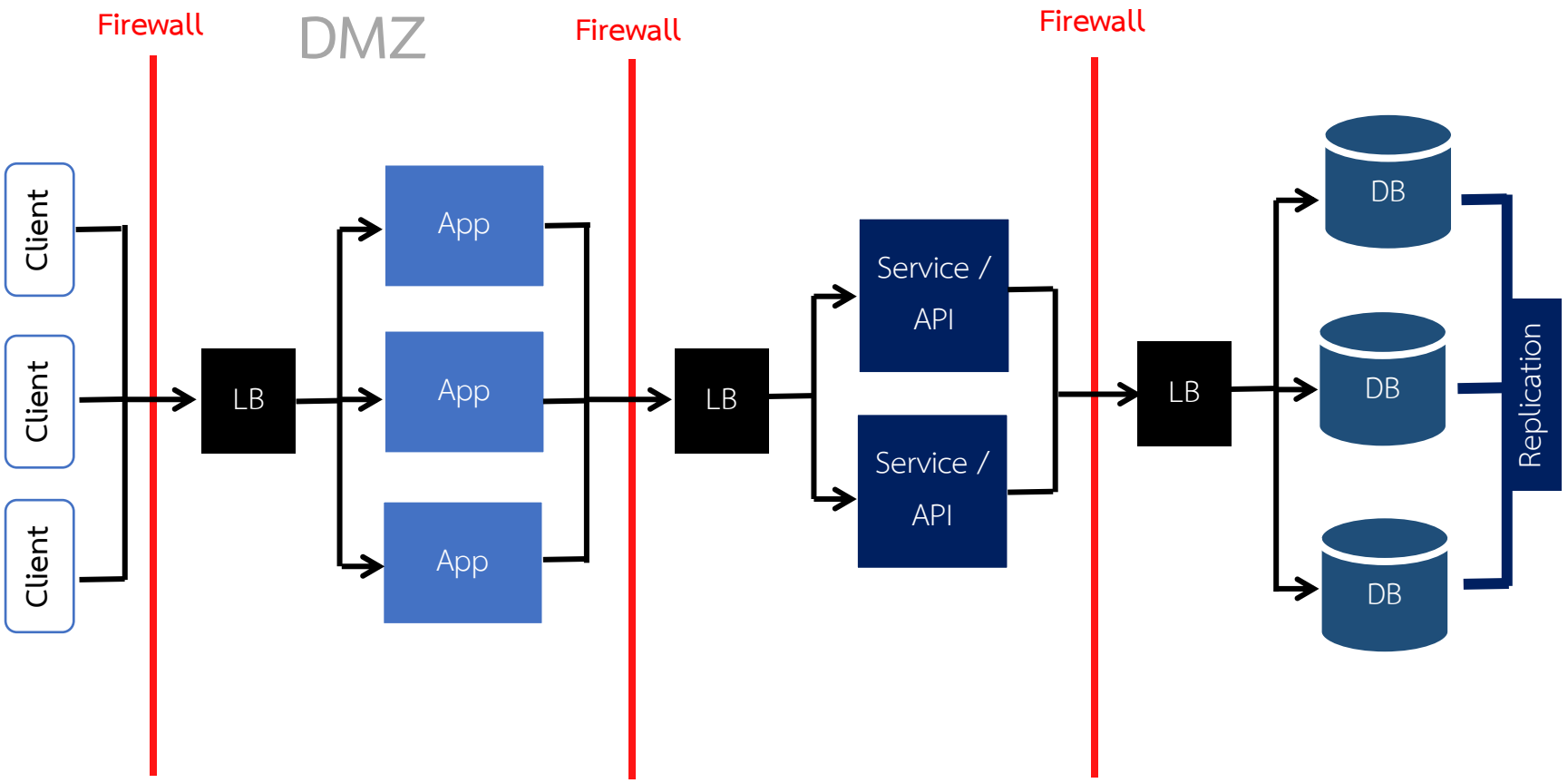
At a Software System



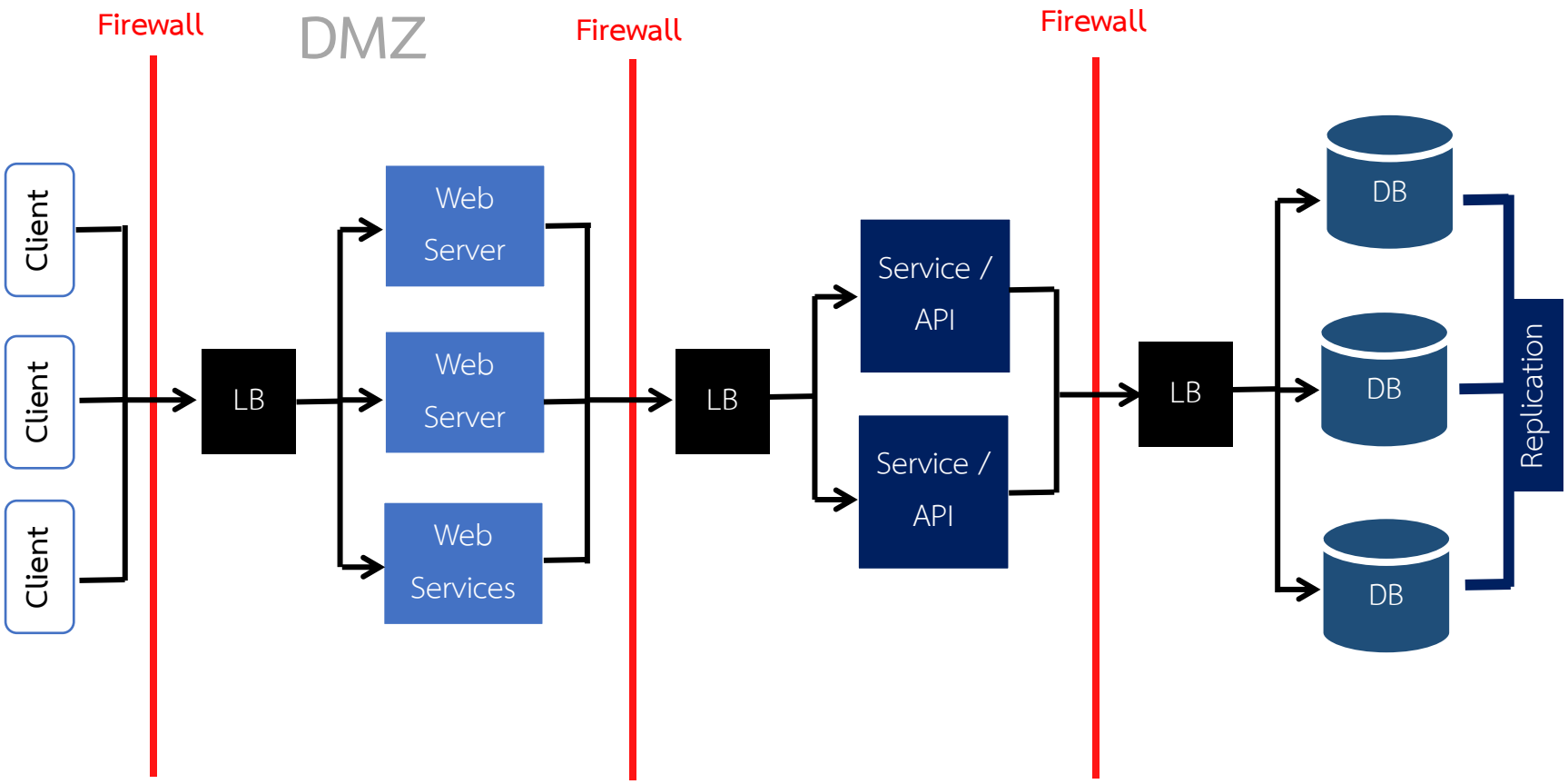
At a Software System



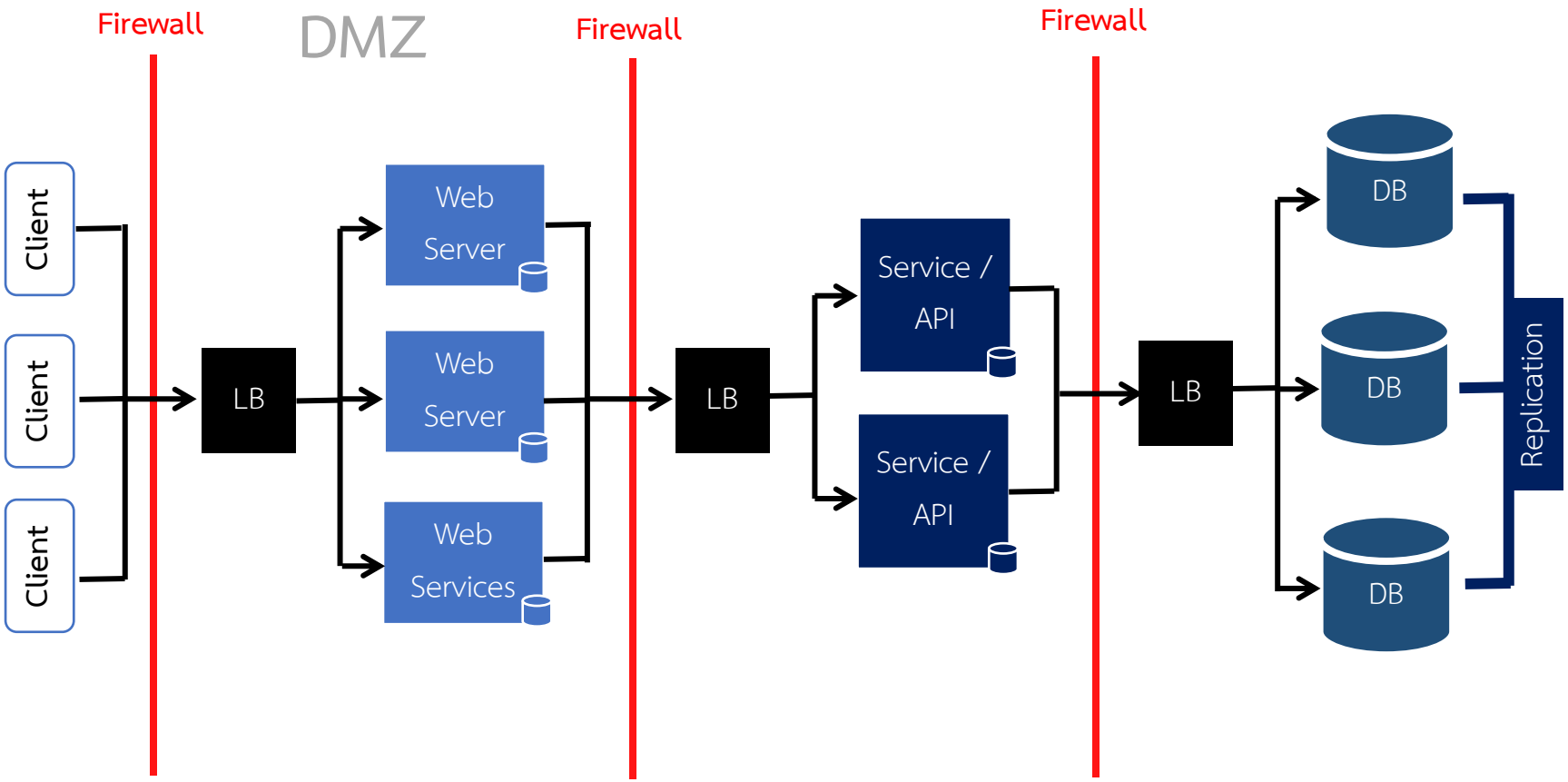
At a Software System



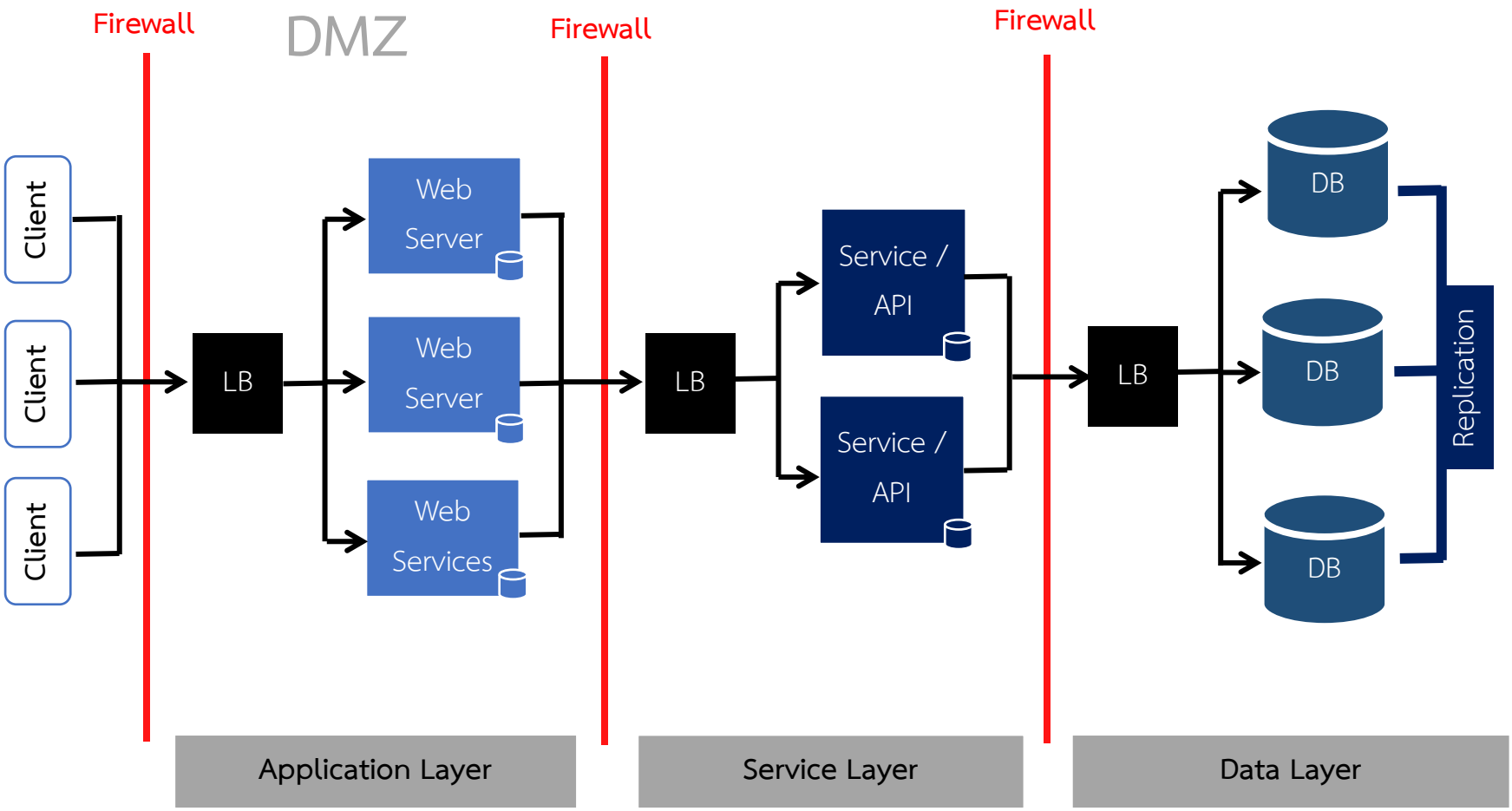
At a Software System



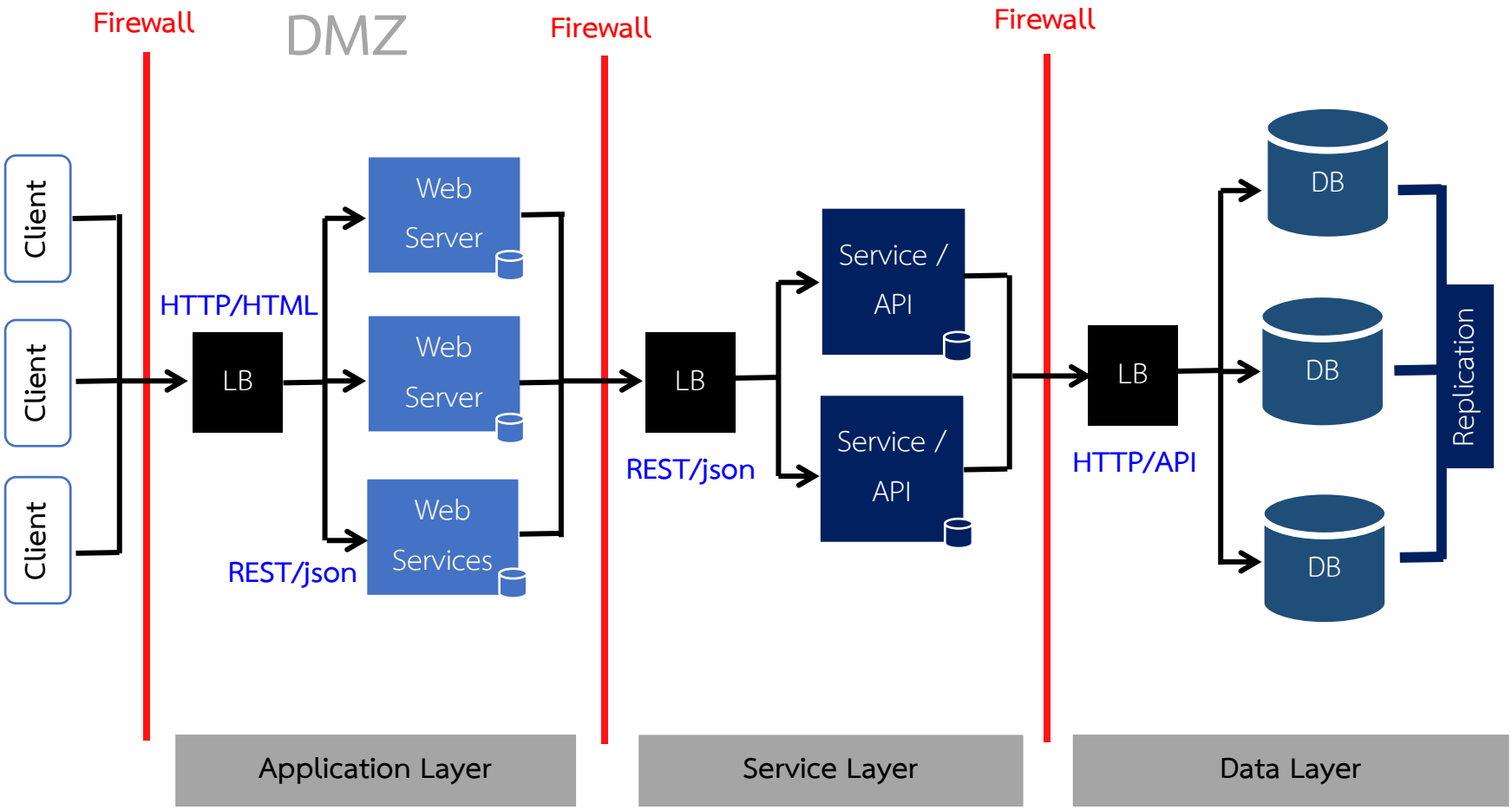
At a Software System



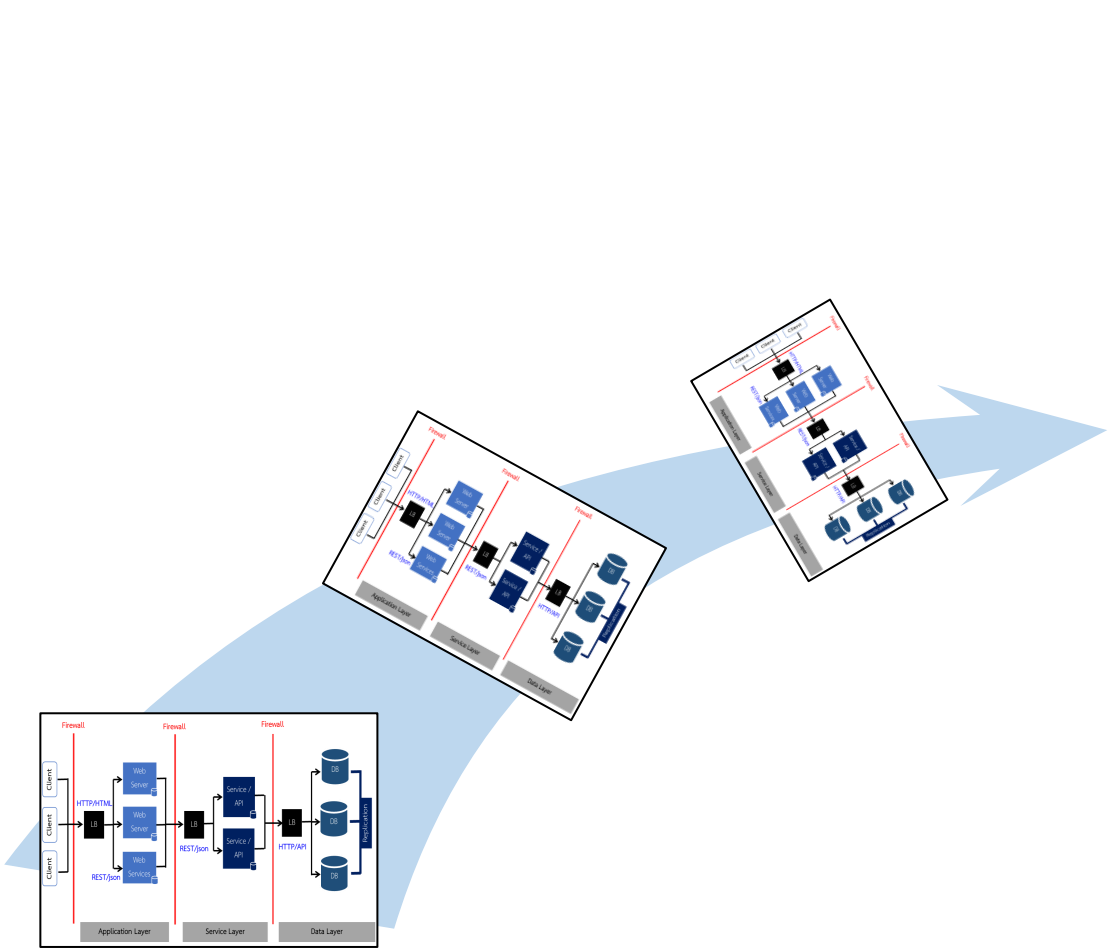
At a Software System

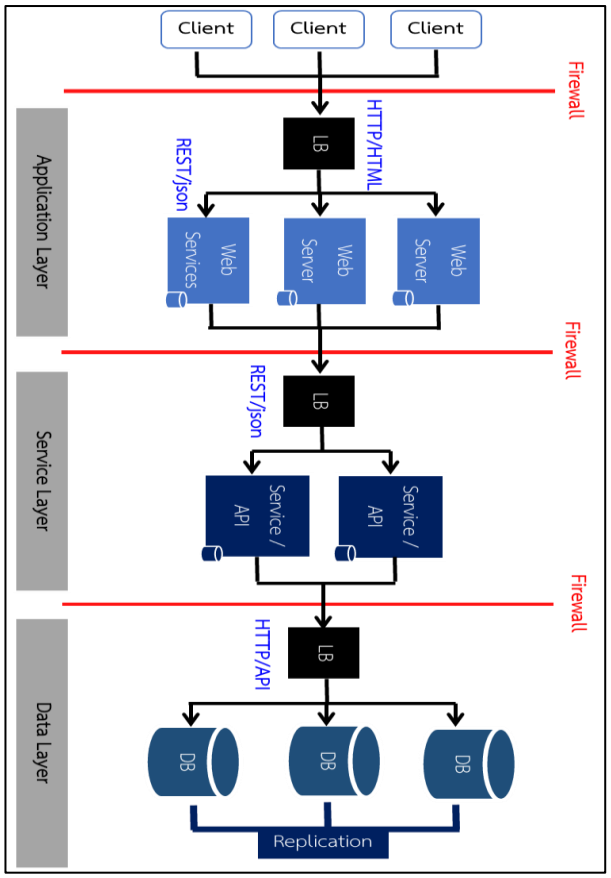


SA : Server

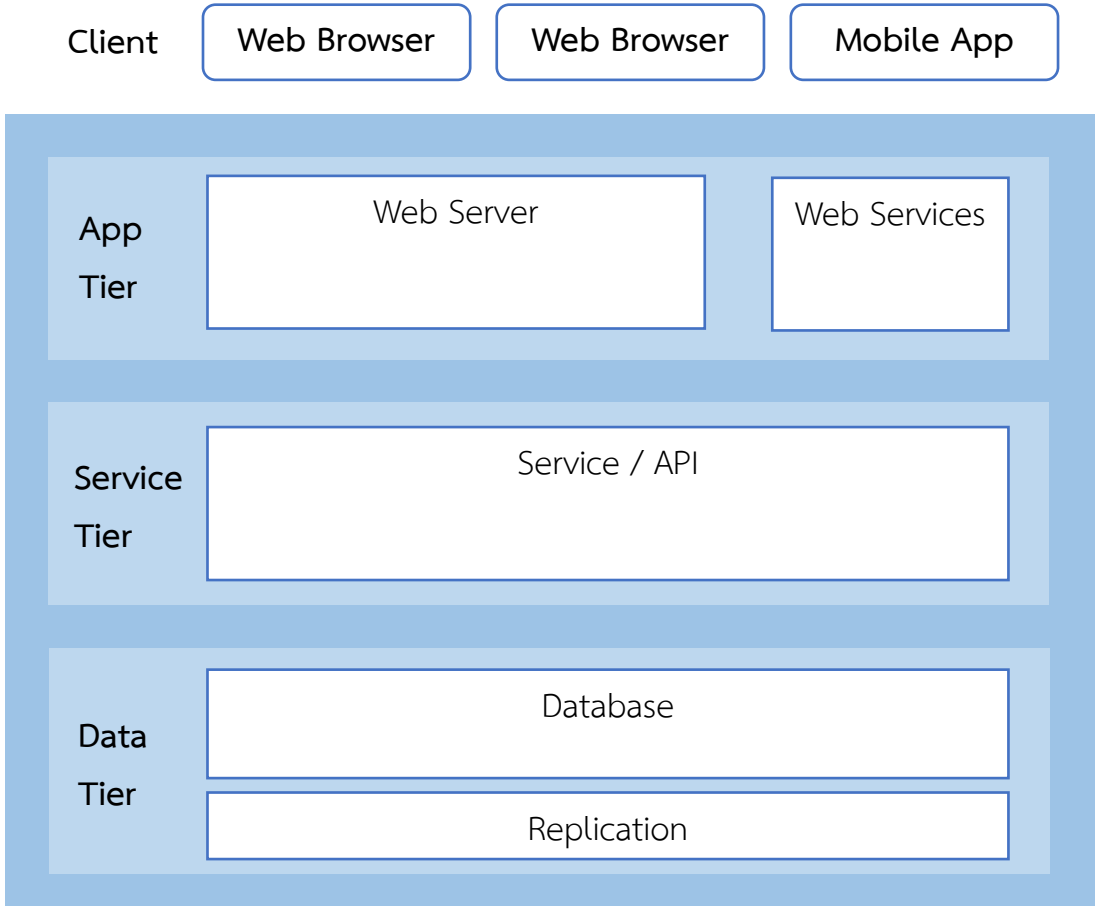

Firewall
DMZ
Firewall
Firewall
Client
Client
Client
HTTP/HTML
LB
Web Server
Web Server
Web Services
REST/json
LB
REST/json
Service / API
Service / API
LB
HTTP/API
DB
DB
DB
Replication
Application Layer
Service Layer
Data Layer

SA



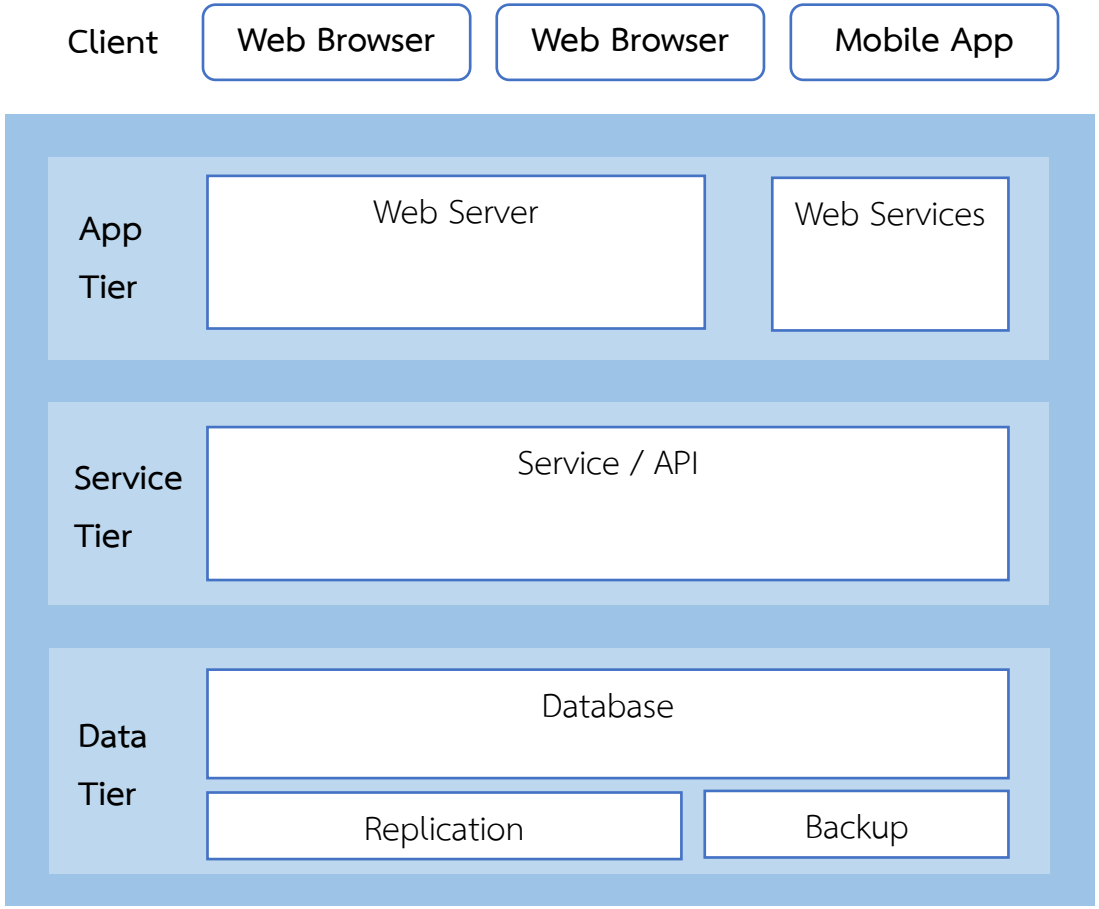

Client
Client
Client
Firewall
LB
HTTP/HTML
REST/json
Web Services
Web Server
Web Server
Application Layer
Firewall
LB
REST/json
Service / API
Service / API
Service Layer
Firewall
LB
HTTP/API
DB
DB
DB
Data Layer
Replication

SA : Stack



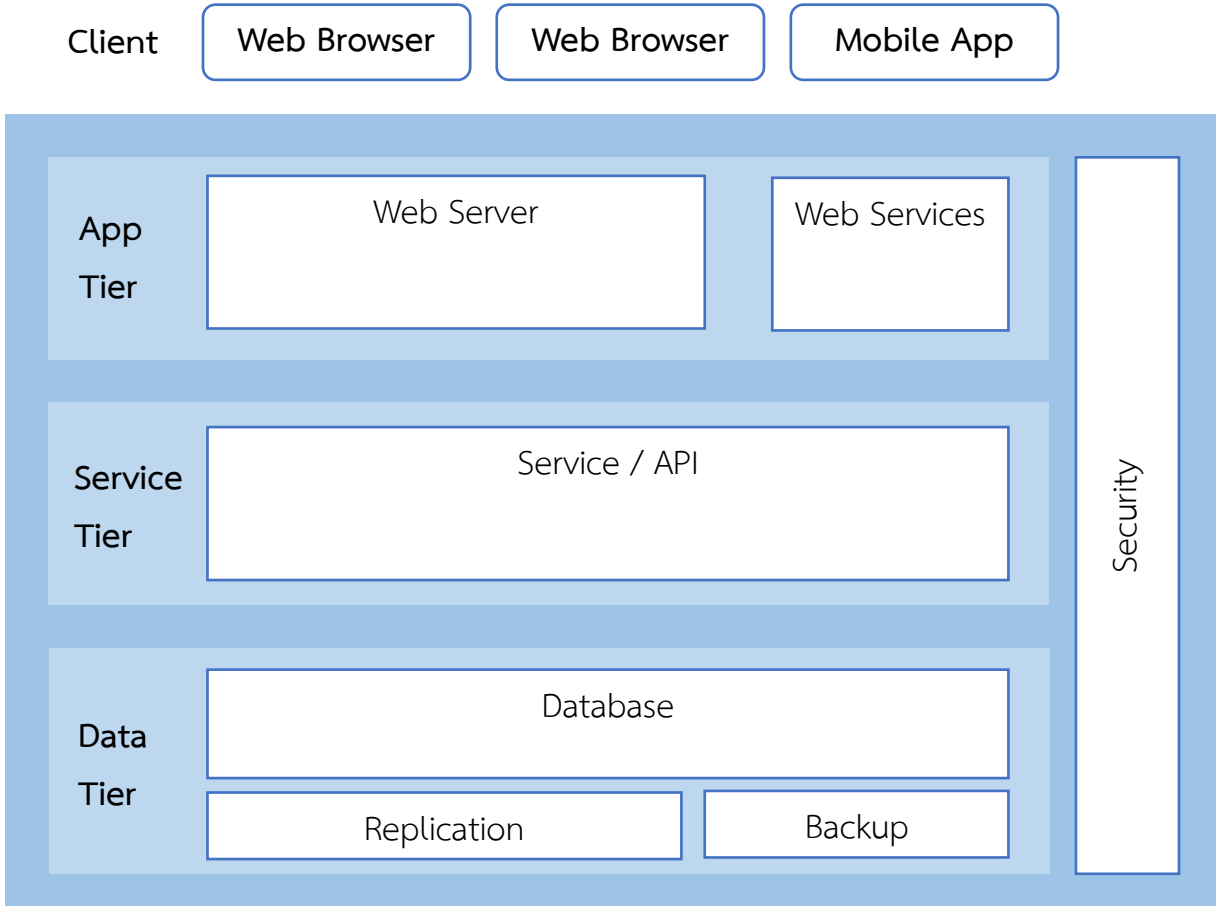
OUR SYSTEM

SA : Stack

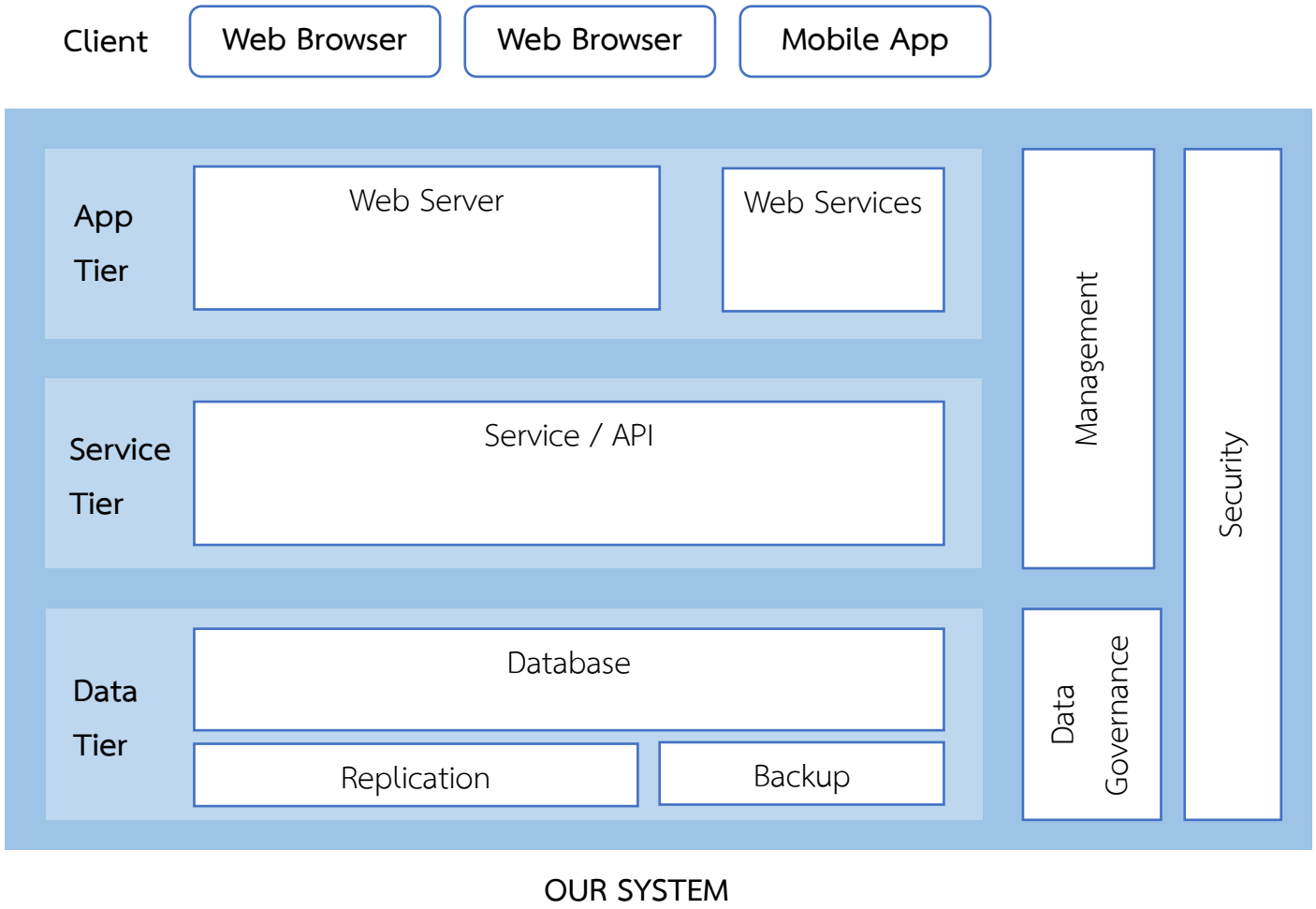


OUR SYSTEM

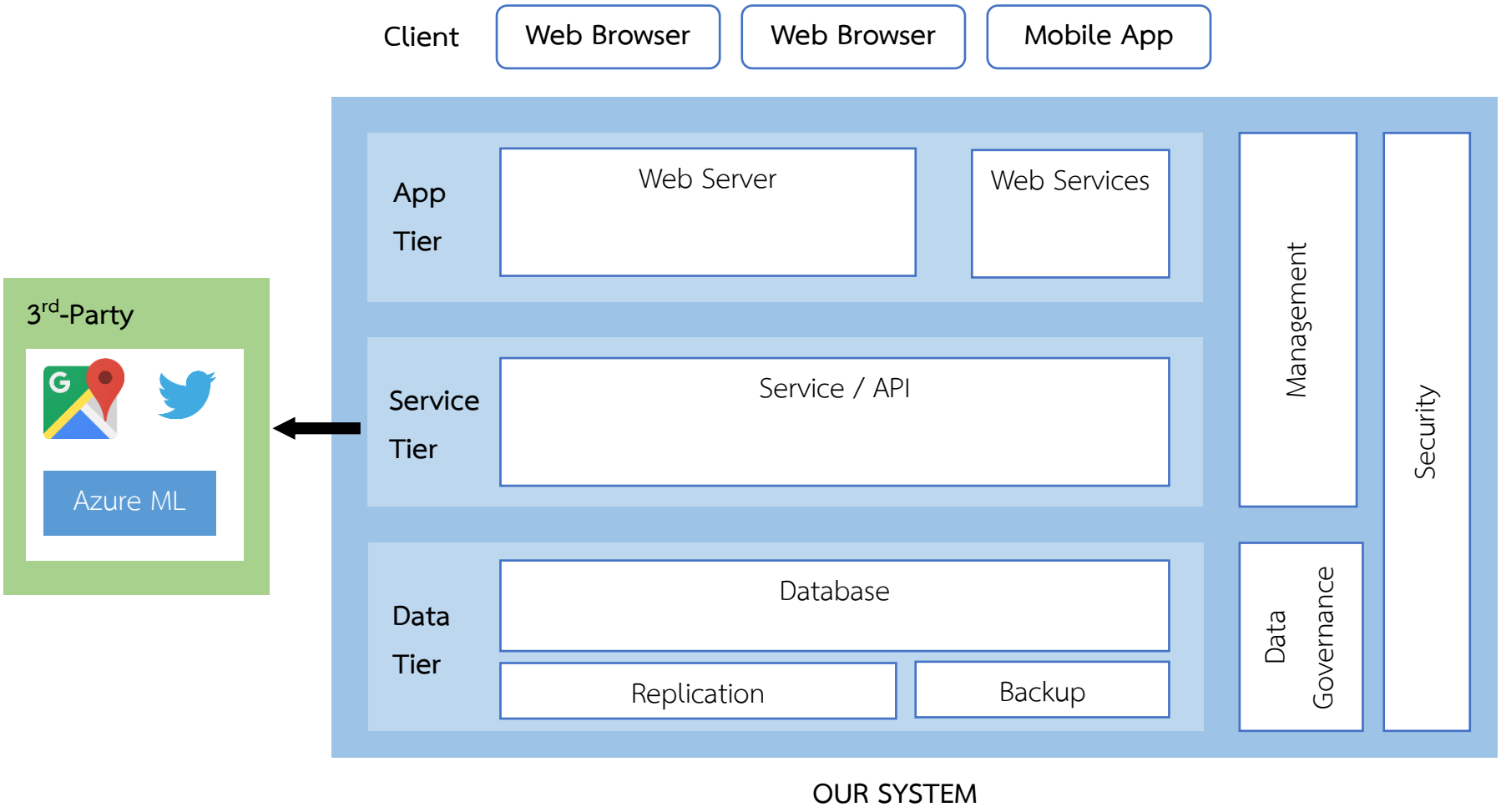
SA : Stack


Client
Web Browser
Web Browser
Mobile App
App Tier
Web Server
Web Services
Service Tier
Service / API
Data Tier
Database
Replication
Backup
Security
OUR SYSTEM

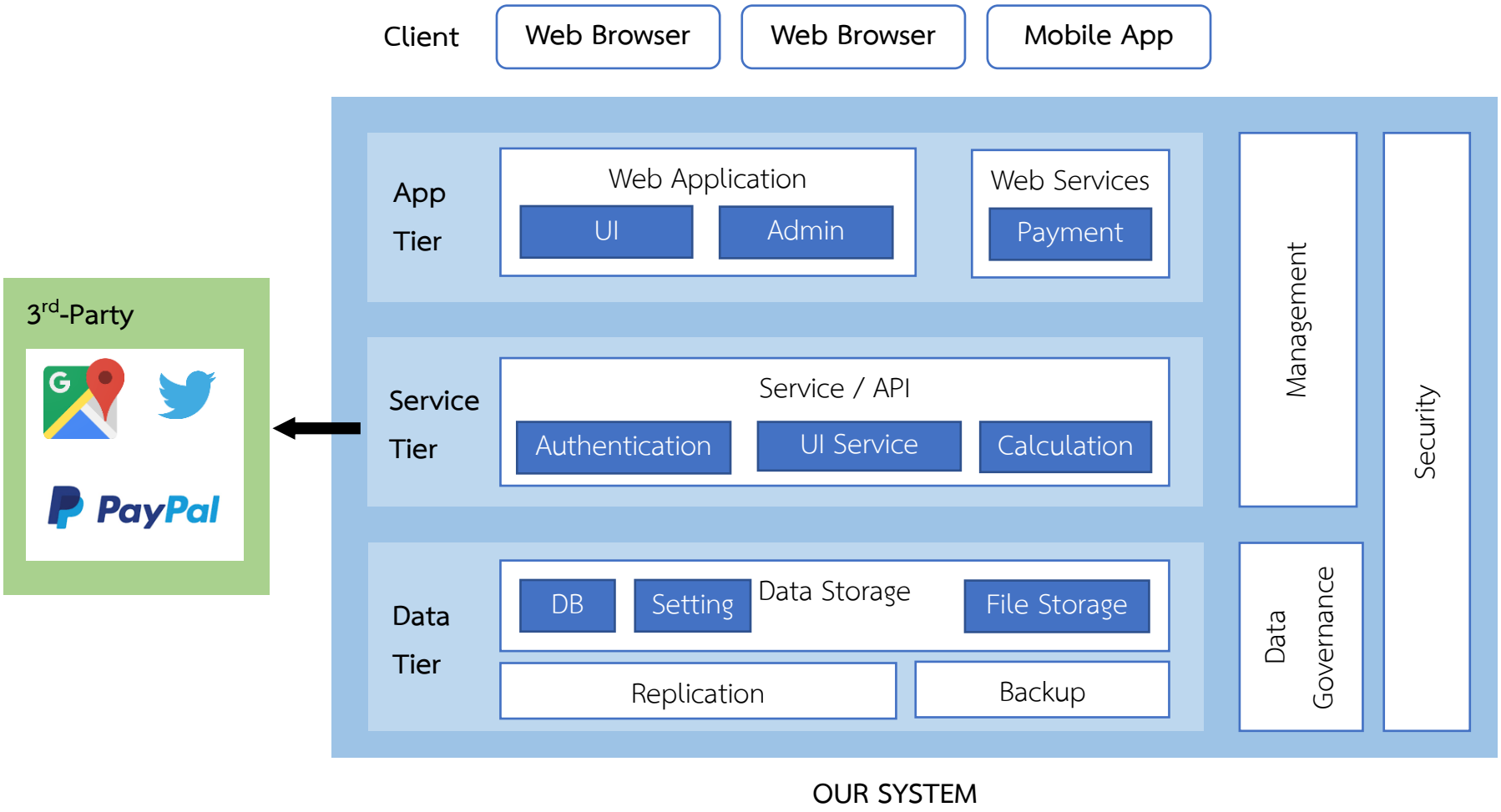
SA : Stack


Client
Web Browser
Web Browser
Mobile App
App Tier
Web Server
Web Services
Service Tier
Service / API
Data Tier
Database
Replication
Backup
Management
Security
Data Governance
OUR SYSTEM

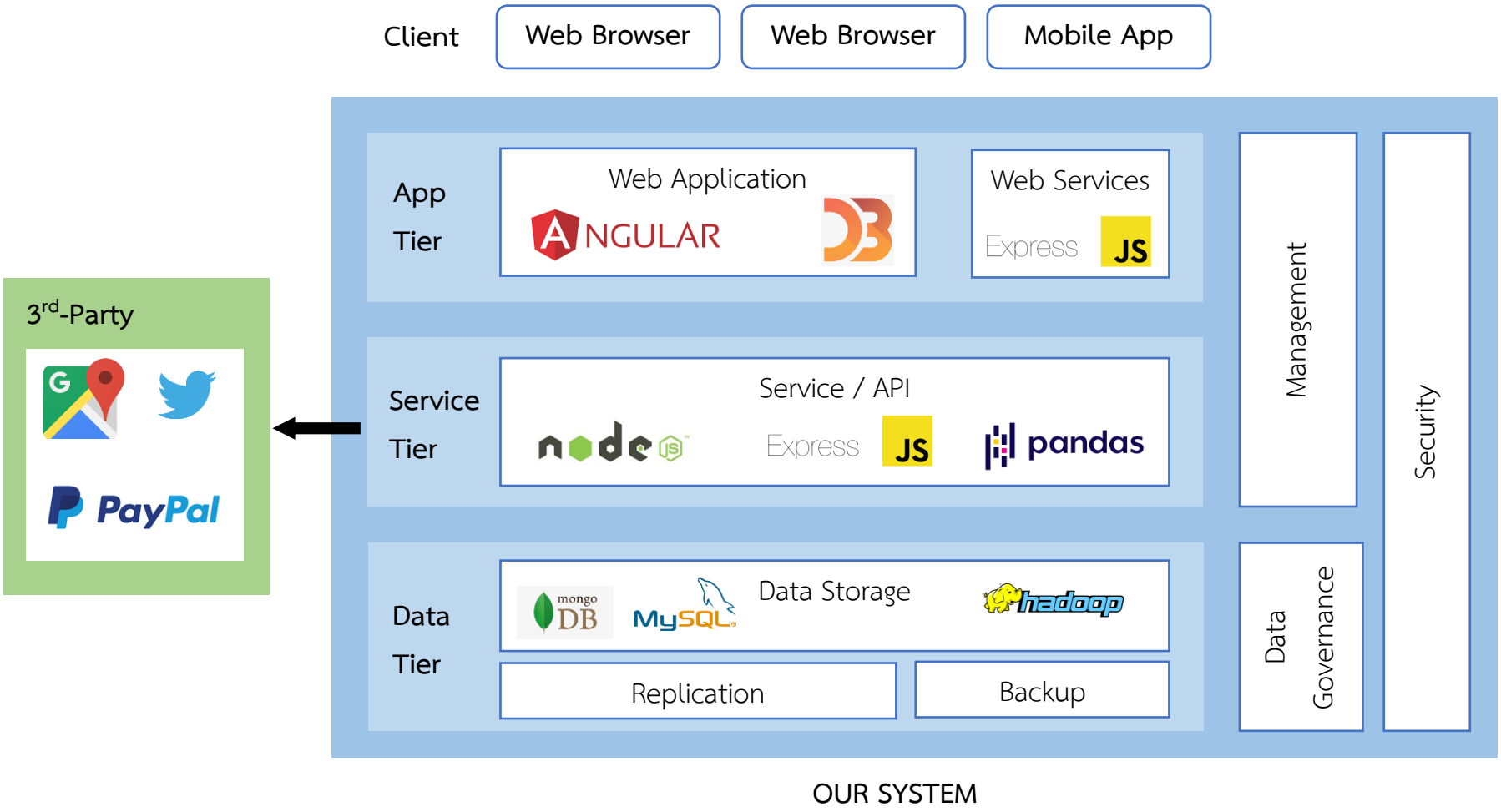
SA : Stack : 3rd-Party



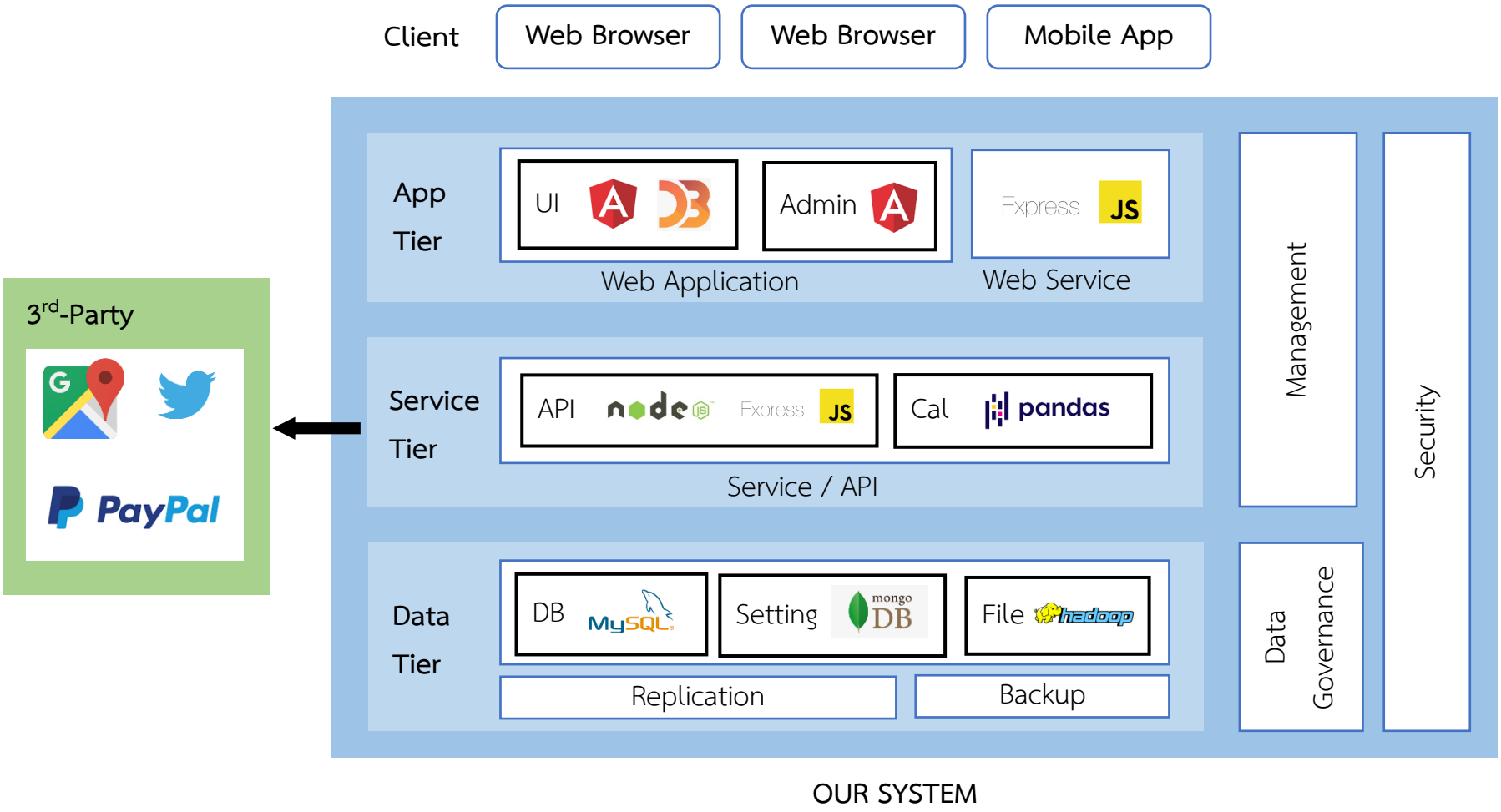
SA : Stack : Components + 3rd-Party



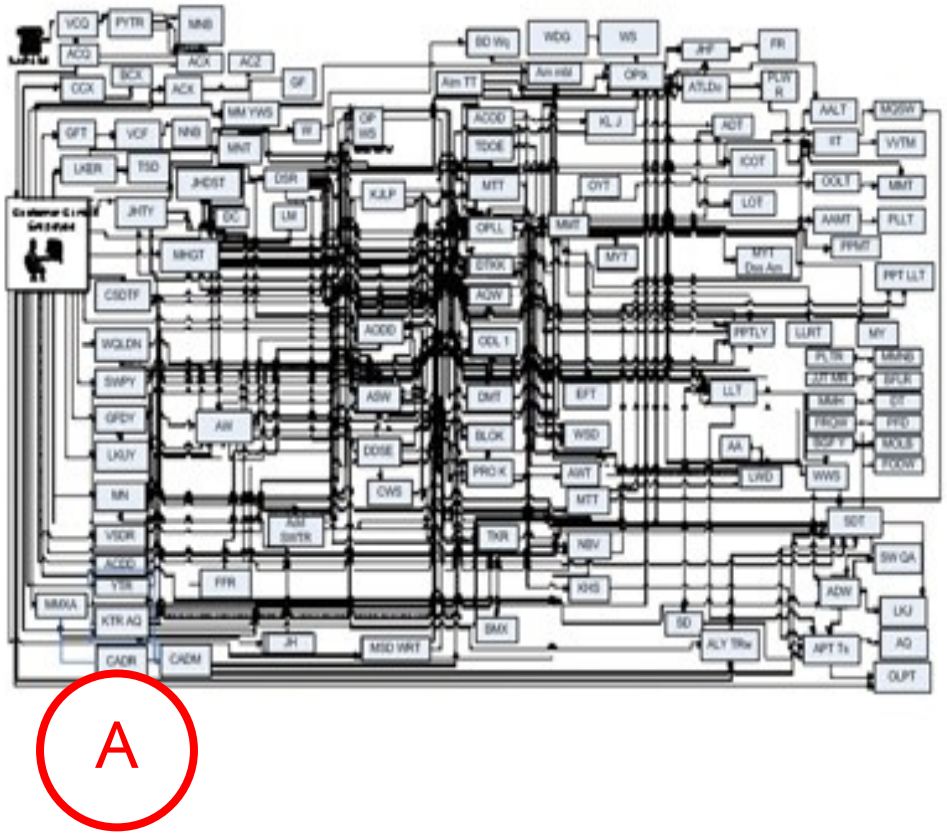
SA : Stack : Tools + 3rd-Party



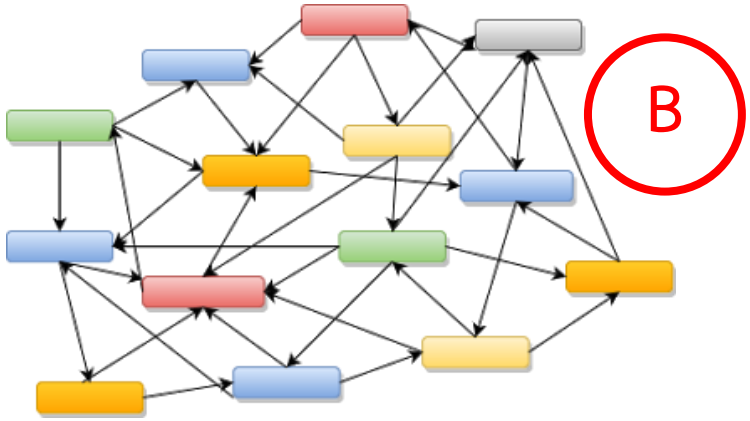
SA : Stack : Components + Tools



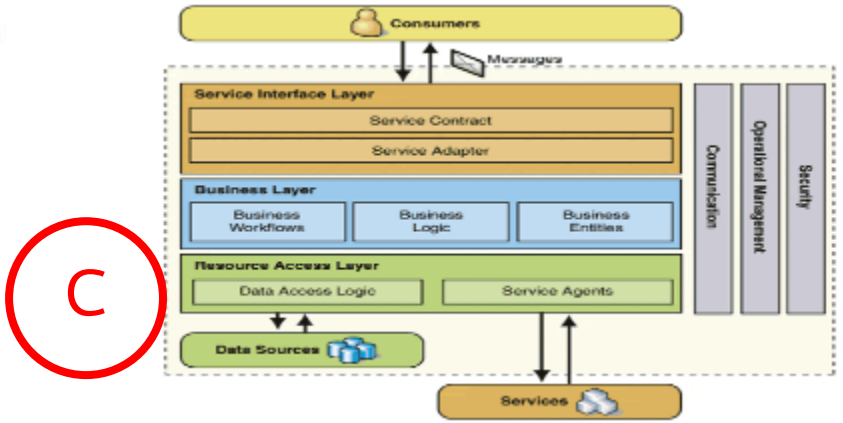
Which one you like most?



A



B



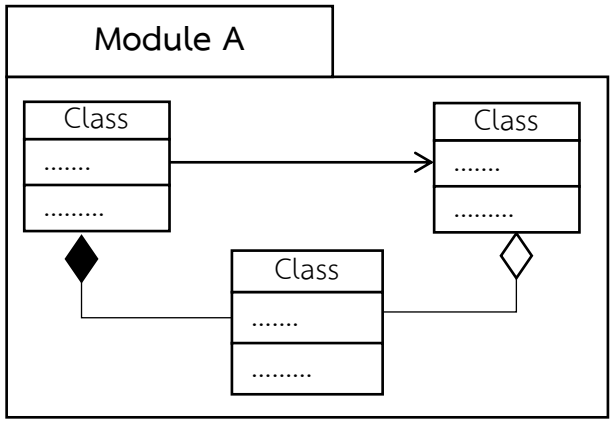
C

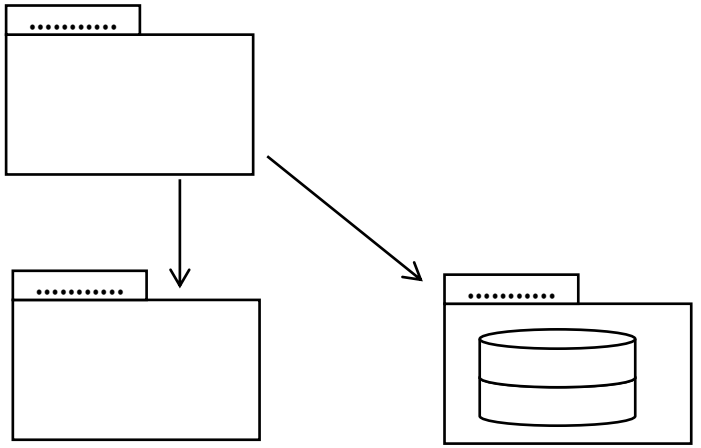
Ref:

- (image) http://www.xclsoft.com/products.html
- (image) https://www.javacodegeeks.com/2017/07/patterns-antipatterns-architecture.html
- (image) https://robboxman.wordpress.com/2011/08/30/web-service-software-factory-beyond-the-service-interface-part-1/

Software Design vs. Architecture

Software Design	Software Architecture
สนใจเพียงแค่การออกแบบ Module หรือ Component หนึ่งๆ	ออกแบบองค์รวมของระบบ และสนใจการประสานงานร่วมกันทั้งระบบ
ดูที่หน้าที่และ function ของ Module หนึ่งๆ หรือ Class หนึ่งๆ	มองระดับ High Level และสามารถบอกได้ว่าใช้หน่วยเก็บข้อมูลแบบใด





Ref:
- (content) URL
- (image) URL

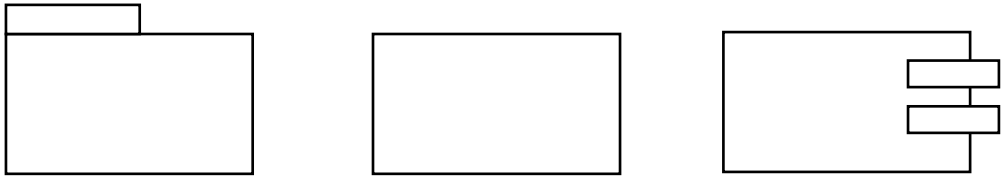
Architectural Design

- สนใจการบริหารจัดการโครงสร้าง และ การจัดกลุ่มของ classes หรือ files ต่างๆ ในระบบซอฟต์แวร์
- การประสานงานระหว่างกลุ่มต่างๆ รวมถึง protocol และ โครงสร้างข้อมูล เพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างกัน
- คิดถึงเรื่อง Reuse เป็นสำคัญ
- เป็นภาพกว้างของกลุ่มต่างๆ ของระบบ
- เป็นโครงสร้างที่จะไม่แก้ไขบ่อย (ต้องทำให้ดีเป็นอันดับแรกของทุก Software Process)
- Software Architecture ที่ดีต้องเรียบง่าย สามารถนำไปสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย
- สามารถ maintain แต่ละส่วนได้ง่าย และประเมินความเสี่ยงผลกระทบได้
- มีหลากหลายรูปแบบ ให้เลือกใช้กับงานต่างๆ

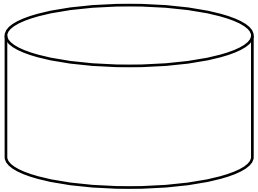
Architecture and System Characteristics

- Performance
  - Localize critical operations and minimize communications. Use large rather than fine-grain components.
- Security
  - Use a layered architecture with critical assets in the inner layers.
- Safety
  - Localize safety-critical features in a small number of sub-systems.
- Availability
  - Include redundant components and mechanisms for fault tolerance.
- Maintainability
  - Use fine-grain, replaceable components.

Definitions

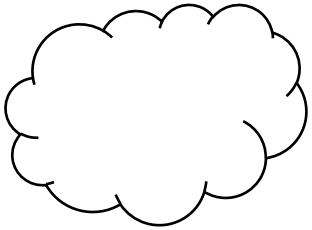


Module หรือ Component หรือ ระบบย่อย ที่บรรจุ Classes หรือ Files ต่างๆ ที่ใช้ทำงาน



ฐานข้อมูล (Database)

เส้นทางการ Request (ไม่ใช่ data flow) เพื่อร้องขอสิ่งต่างๆ



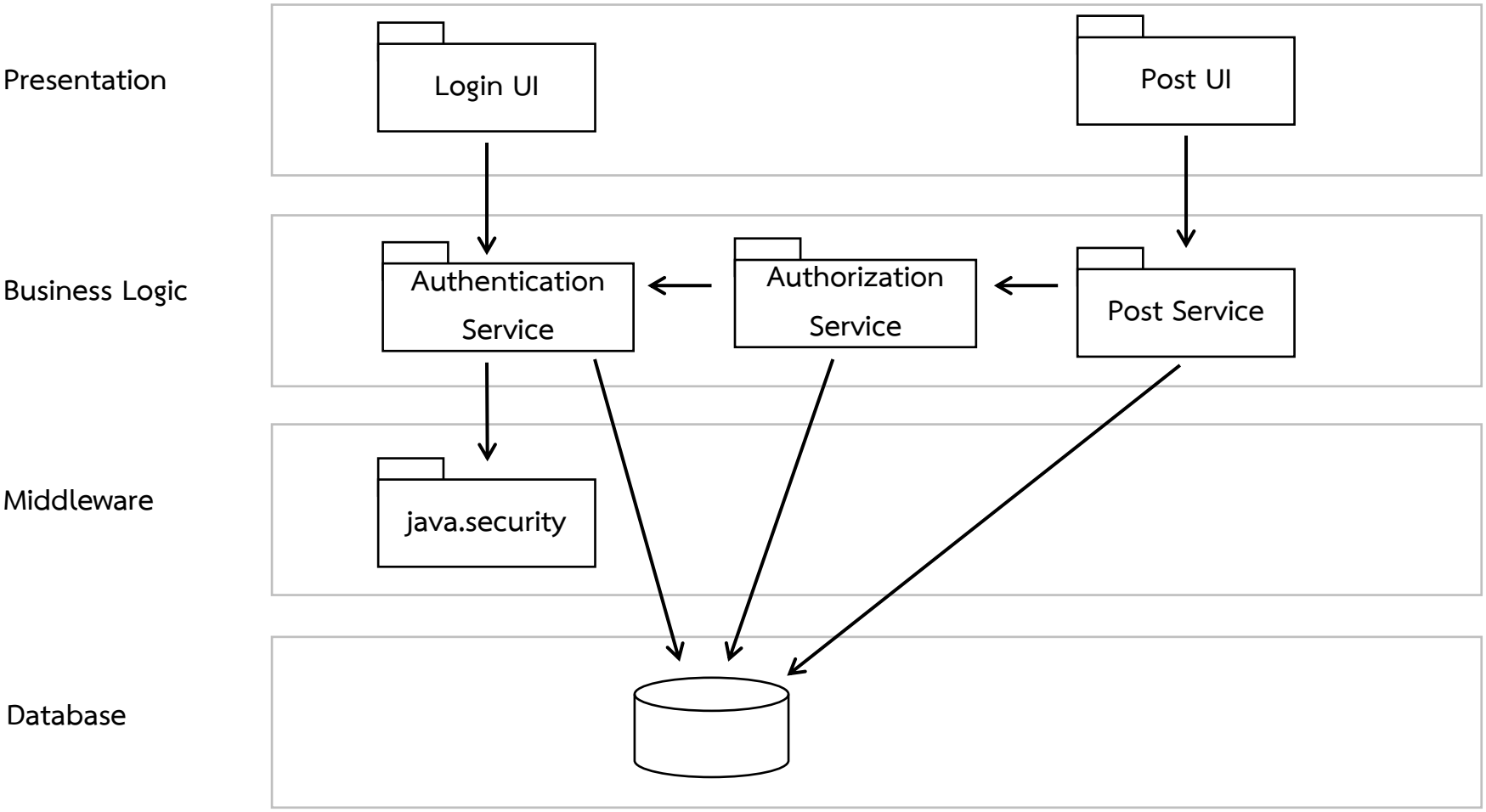
Internet หรือ Cloud

Layered Architecture

Layered Architecture

Presentation	เป็น user interface ให้ผู้ใช้เรียกใช้ หรือเป็น service interface ให้ระบบอื่นเรียกใช้
Business Logic	รวบรวม functions และ process ทั้งหมดของระบบ
Middleware	เป็น third-party ต่างๆ เช่น subsystem, service ภายนอก, API, libraries, algorithm ต่างๆ เป็นต้น
Database	เก็บข้อมูล

Layered Architecture

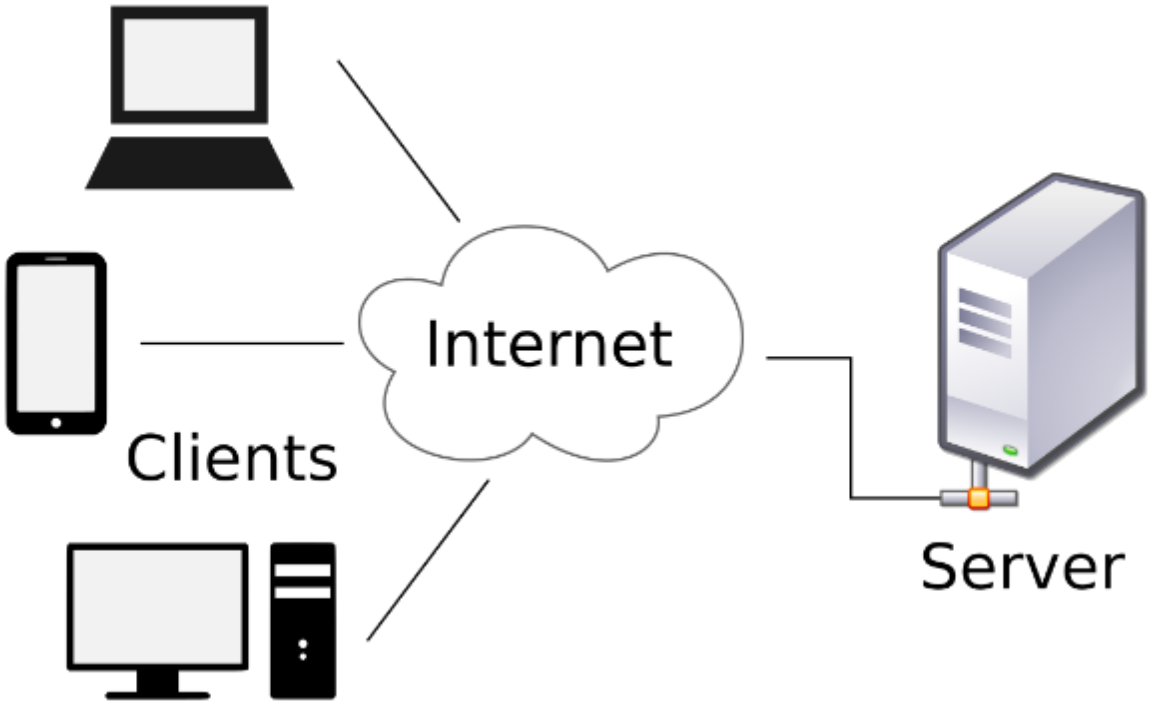


Layered Architecture

- **รายละเอียด**
  - แบ่ง Components ประเภทต่างๆ เป็น layer
  - มีการทำงานกันระหว่าง layer ที่ติดกันอย่างชัดเจน
- **ข้อดี**
  - เหมาะสำหรับ stand-alone app
  - มีการแบ่ง component และ dependency ที่ชัดเจน สามารถเพิ่มเติม component ได้สะดวก
- **ข้อด้อย**
  - ในทางปฏิบัติบางครั้งก็มีเหตุการณ์ที่ component จาก layer บนๆ เรียกใช้งานข้าม layer มายัง layer ล่างๆ

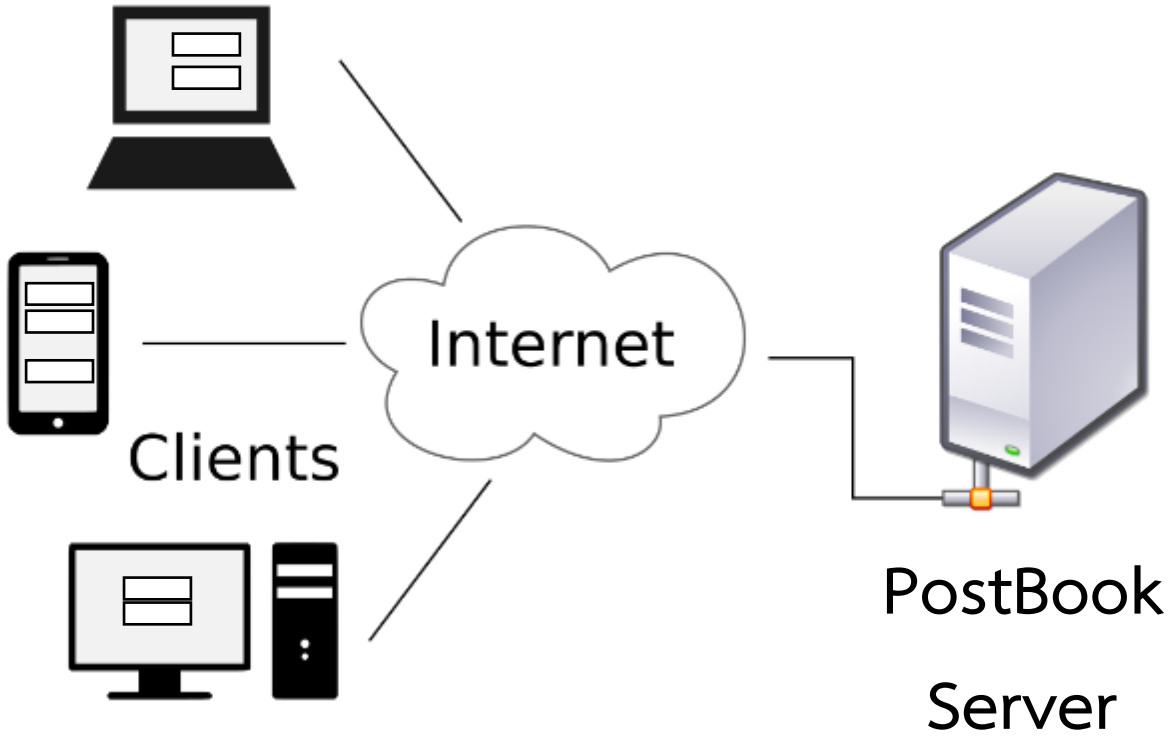
Client-Server Model

Client-Server Model



Ref: • (image) https://en.wikipedia.org/wiki/Client-server_model

Client-Server Model



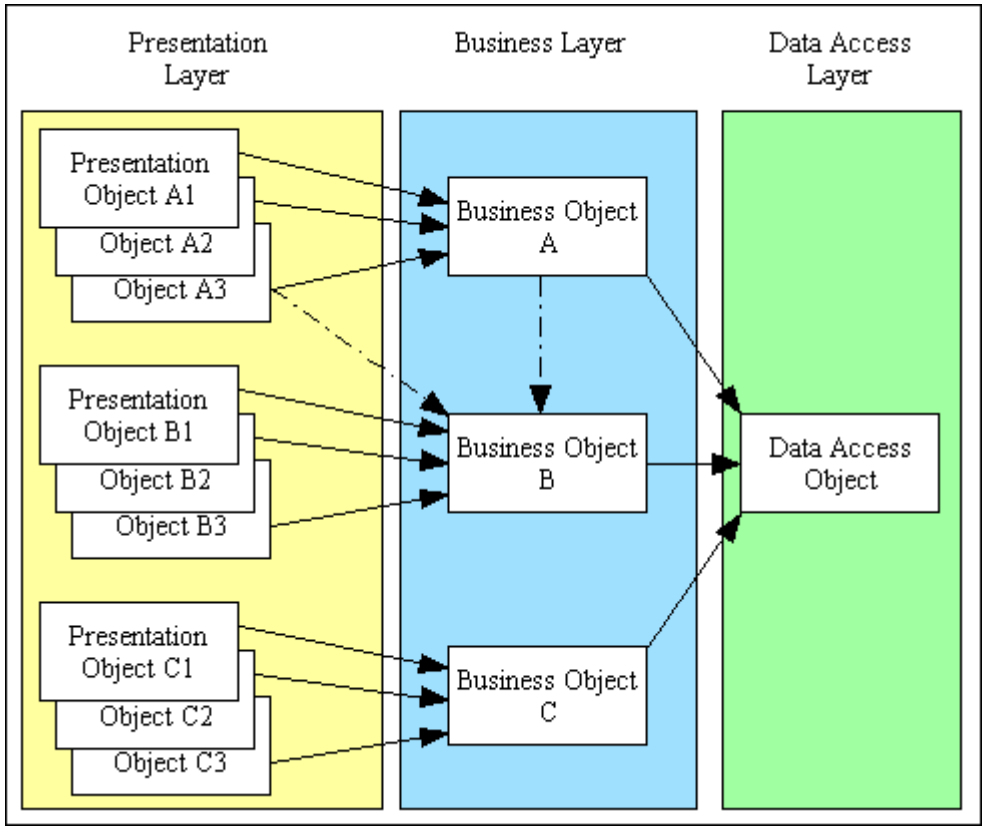
Ref: • (image) https://en.wikipedia.org/wiki/Client-server_model

Client-Server Model

- **รายละเอียด**
  - มีการแบ่งระบบ Client กับ Server อย่างชัดเจน และเรียกใช้งานข้าม network เช่น Internet หรือ Intranet
  - Client จะเป็น application ที่ผู้ใช้ใช้งาน
  - Server จะมี Service กลางที่ไว้ให้บริการ Client
- **ข้อดี**
  - Servers สามารถกระจายข้าม network ได้
- **ข้อด้อย**
  - มี server เป็น point of failure คือถ้า sever พัง client ก็ใช้งานไม่ได้

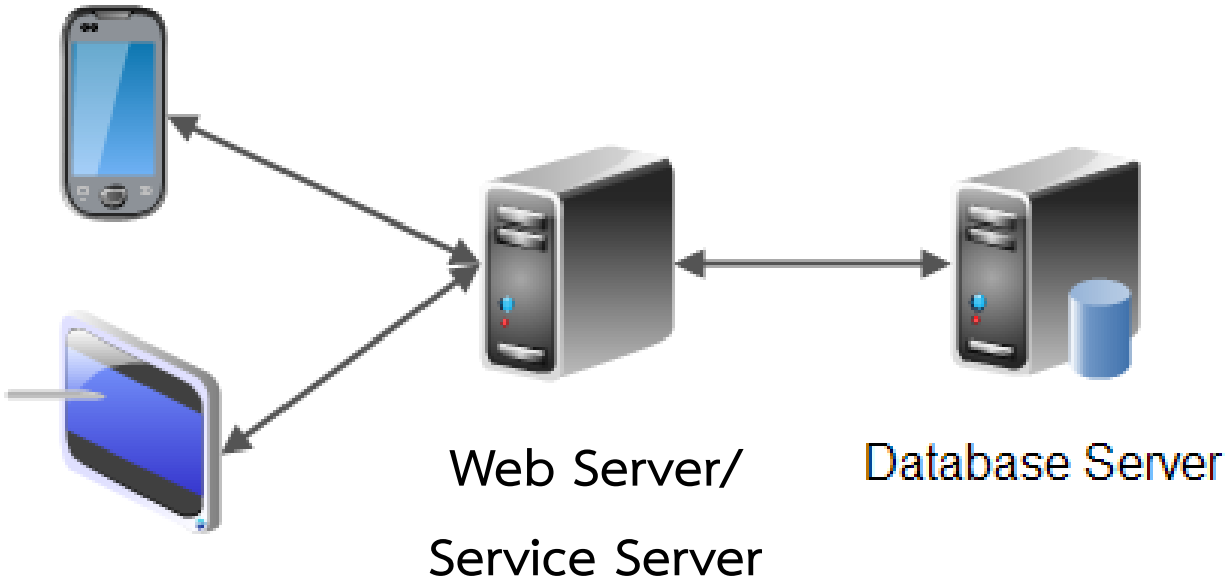
3-Tier Architecture

3-Tier Architecture



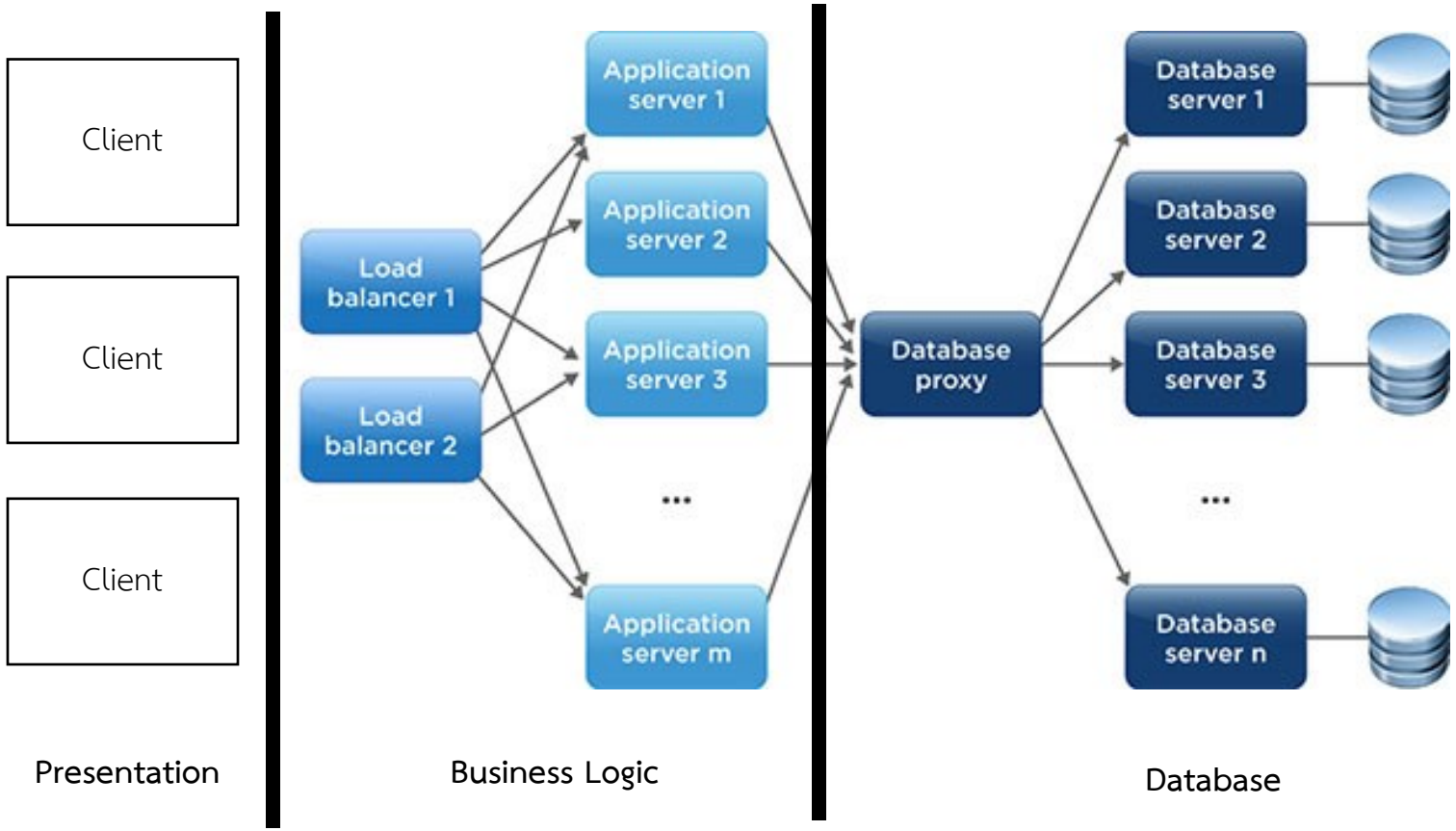
Ref: • (image) http://www.tonymarston.net/php-mysql/3-tier-architecture.html

3-Tier Architecture



Ref: • (image) http://tutorials.jenkov.com/software-architecture/n-tier-architecture.html

Scaled 3-Tier Architecture



Ref: • (content) https://labs.vmware.com/vmtj/scaling-of-cloud-applications-using-machine-learning

Scaled 3-Tier Architecture

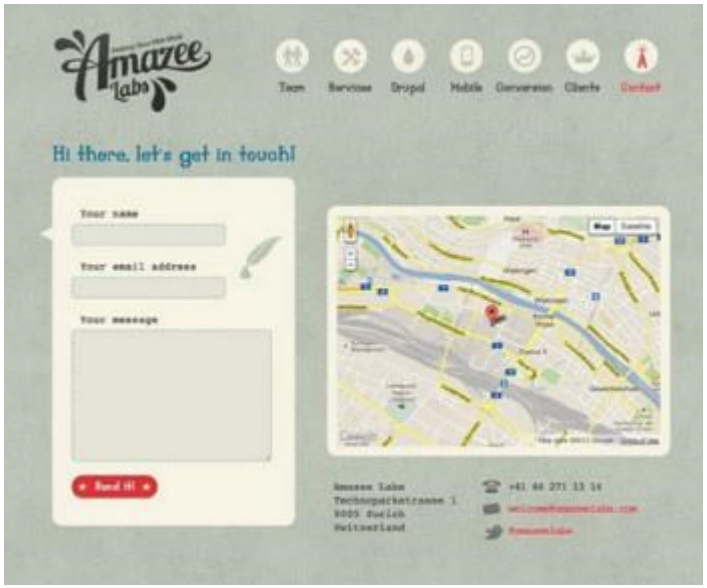
- **รายละเอียด**
  - มีการแบ่งระบบ Application, Business Logic และ Database อย่างชัดเจน
  - แต่ละส่วนสามารถอยู่คนละ servers และเรียกใช้งานข้าม network เช่น Internet หรือ Intranet ได้
- **ข้อดี**
  - เป็นรูปแบบที่ยืดหยุ่นและเป็นที่นิยมใช้สำหรับทำ Web Application
- **ข้อด้อย**
  - ถ้าออกแบบไม่ดีก็จะมีมี server เป็น point of failure โดยเฉพาะ Database Server

Service-Oriented Architecture (SOA)

SOA

- SOA เป็นกิจกรรมการให้บริการ (Service) จากฝ่ายผู้ให้บริการ (Service Provider) ไปยังอีกฝ่ายที่เป็นผู้รับบริการ (Consumer) ซึ่งทั้งสองฝ่ายอาจจะอยู่ในองค์กรเดียวกันหรือต่างองค์กรกันก็ได้ แต่ต้องมีการตกลงลักษณะการสื่อสารซึ่งกันและกัน
- ความสำคัญคือการให้ Service (ไม่ใช่ Application)
- ที่ต้องทำแบบนี้สาเหตุหนึ่งคือบาง functions นั้น ผู้พัฒนา application ไม่สามารถทำเองได้ หรือไม่คุ้มที่จะทำ เช่น การแสดงแผนที่ (เลือกใช้ service จาก Google Map)
- ดังนั้น Service Provider จะต้องคิดตั้งต้นว่า จะให้ผู้ใช้ได้ใช้ service เพื่อทำอะไร (ไม่ใช่ออกแบบหน้าจอให้ และต้องไม่ยึดติดว่าผู้ใช้จะใช้ Programming Language หรือ Platform อะไร)
- ส่วน Consumer จะนำ service เหล่านั้นไปใช้ในการพัฒนา Application เอง

SOA : Google Map Service



- การพัฒนา Map ด้วยทีมพัฒนาตนเองก็เป็นเรื่องที่ไม่เกินความสามารถ แต่ต้องใช้ effort สูงมาก อาจจะไม่คุ้มที่จะทำ
- ซึ่งถ้าเรียกใช้จาก Google Map ก็เพียงแค่เรียกใช้ code ตามด้านล่าง

```
<div id="map"></div>
<script>
      function initMap() {
         var map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
          center: {lat: -34.397, lng: 150.644},  zoom: 8 });
      }
</script>
<script src=https://maps.googleapis.com/maps/api/js? callback=initMap async defer></script>
```

Ref:
- (content) https://developers.google.com/maps/documentation
- (image) https://www.pinterest.com/pin/260294053435913140/

Service Interface Design

- Design
  - Involves thinking about the operations associated with the service and the messages exchanged
  - The number of messages exchanged to complete a service request should normally be minimized.
  - Service state information may have to be included in messages
- Interface Design Stages
  - Logical interface design
    - Starts with the service requirements and defines the operation names and parameters associated with the service. Exceptions should also be defined
  - Message design (SOAP)
    - For SOAP-based services, design the structure and organization of the input and output messages. Notations such as the UML are a more abstract representation than XML
    - The logical specification is converted to a WSDL description
  - Interface design (REST)
    - Design how the required operations map onto REST operations and what resources are required.

Ref: • (content) URL
• (image) URL

SOA : Google Map Service

- Operation **Distance Matrix**
- Input

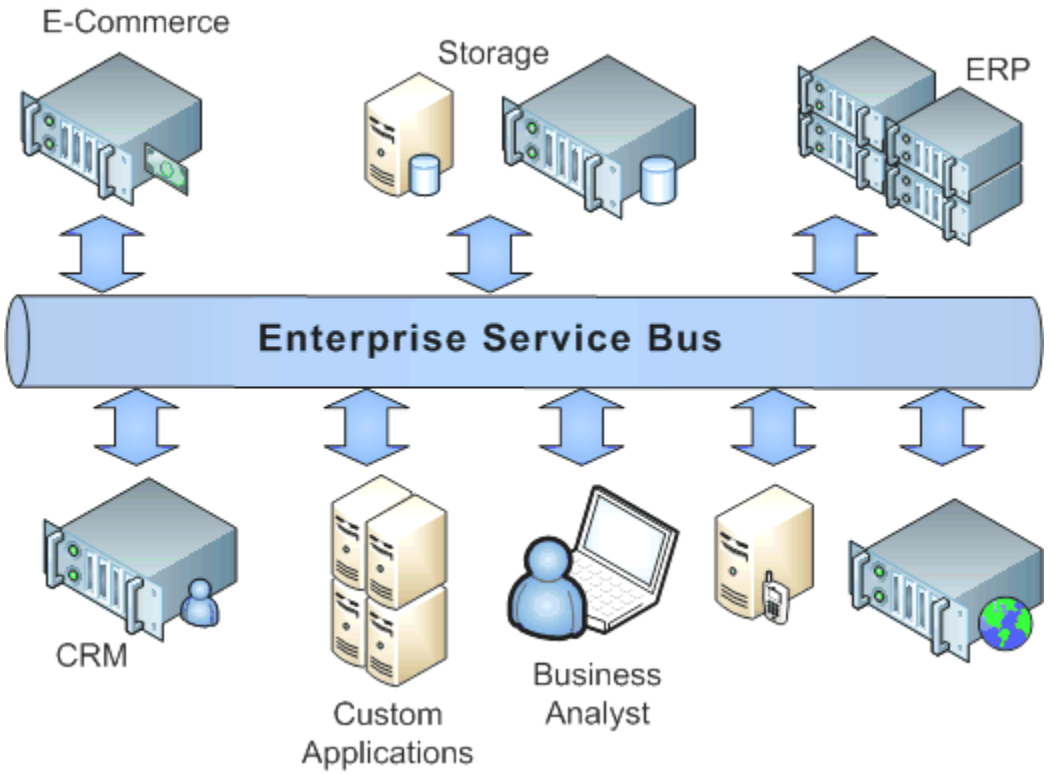
```
{
  origins: [{lat: 55.93, lng: -3.118}, 'Greenwich, England'],
  destinations: ['Stockholm, Sweden', {lat: 50.087, lng: 14.421}],
  travelMode: 'DRIVING',
  drivingOptions: {
    departureTime: new Date(Date.now() + N),
    trafficModel: 'optimistic'
  }
}
```

- Output
  - Duration (e.g. 2 hours 20 mins)
  - Distance (e.g. 100 km)
- Exception
  - Place not found

Ref: • (content) https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/distancematrix

Enterprise Service Bus

- Service ที่มีการสื่อสารตรงกลางคือ ESB



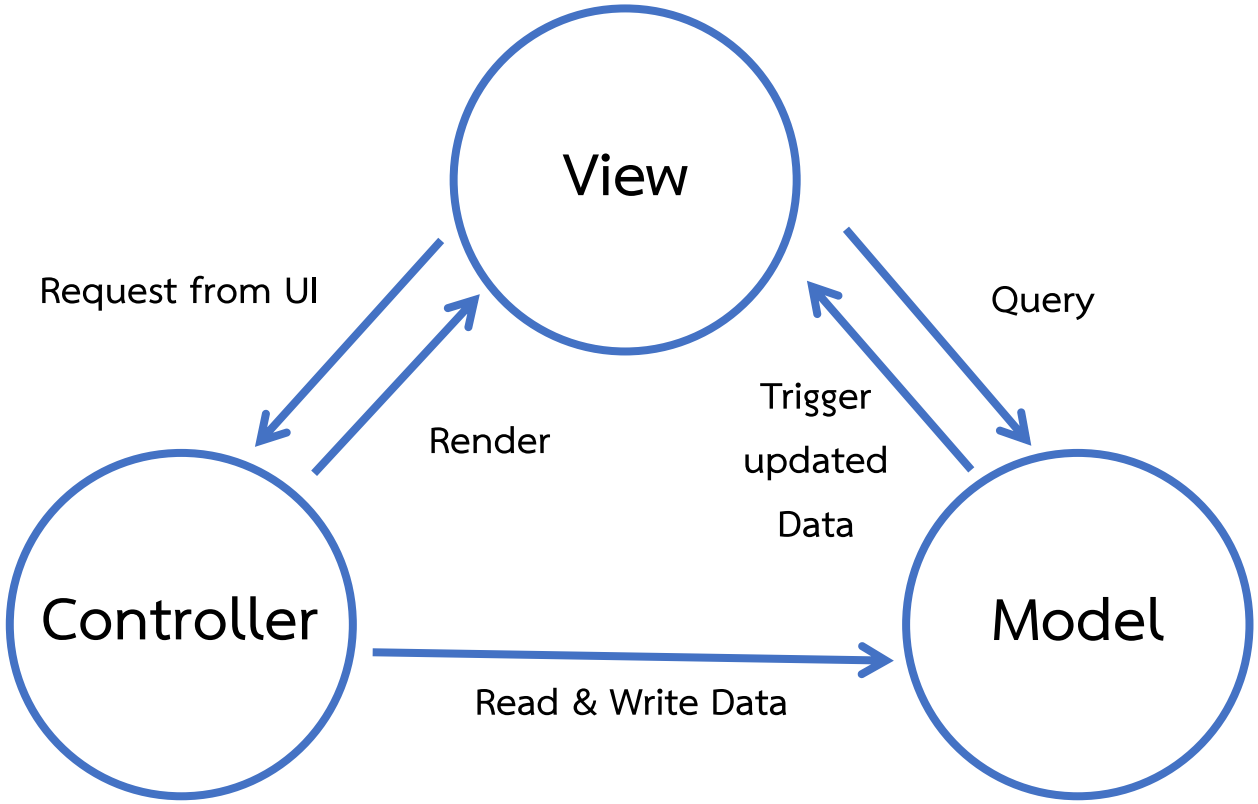
Ref: • (image) http://www.centeractive.com/content/enterprise-service-bus

SOA

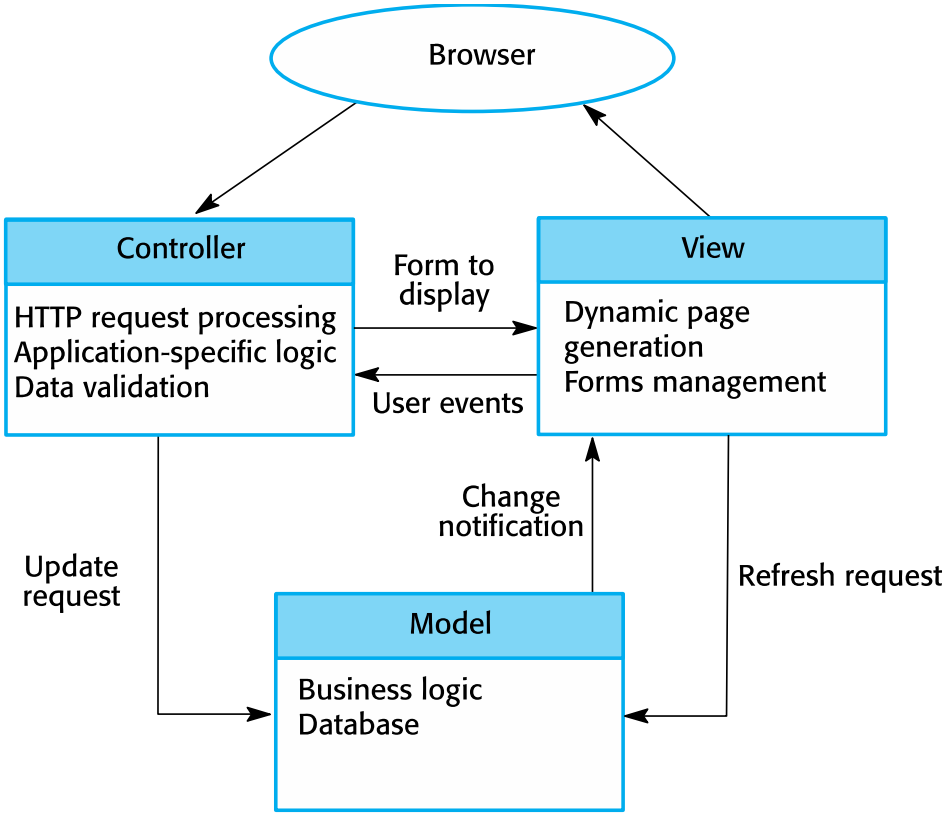
- **รายละเอียด**
  - แบ่งซอฟต์แวร์เป็น component ที่เป็น service
  - service provider เป็นผู้ให้บริการ ให้ consumer เรียกใช้
  - มี protocol สำหรับสื่อสารกันระหว่าง service และมีการสื่อสารผ่าน ESB
- **ข้อดี**
  - การใช้งานเป็นอิสระ ไม่ขึ้นอยู่กับ Application หรือ Platform
  - การออกแบบเข้าใจง่ายและแบ่งงานให้ทีมพัฒนาได้ง่าย
- **ข้อด้อย**
  - แต่ละ service ไม่ได้ถูกพัฒนาให้เป็นอิสระต่อกัน ยังมีส่วนที่ใช้ร่วมกันเช่น database อยู่
  - ESB อาจจะกลายเป็น Single Point of Failure

Model-View-Controller (MVC)

MVC


View
Request from UI
Render
Query
Trigger
updated
Data
Controller
Model
Read & Write Data

Web Application Architecture using MVC



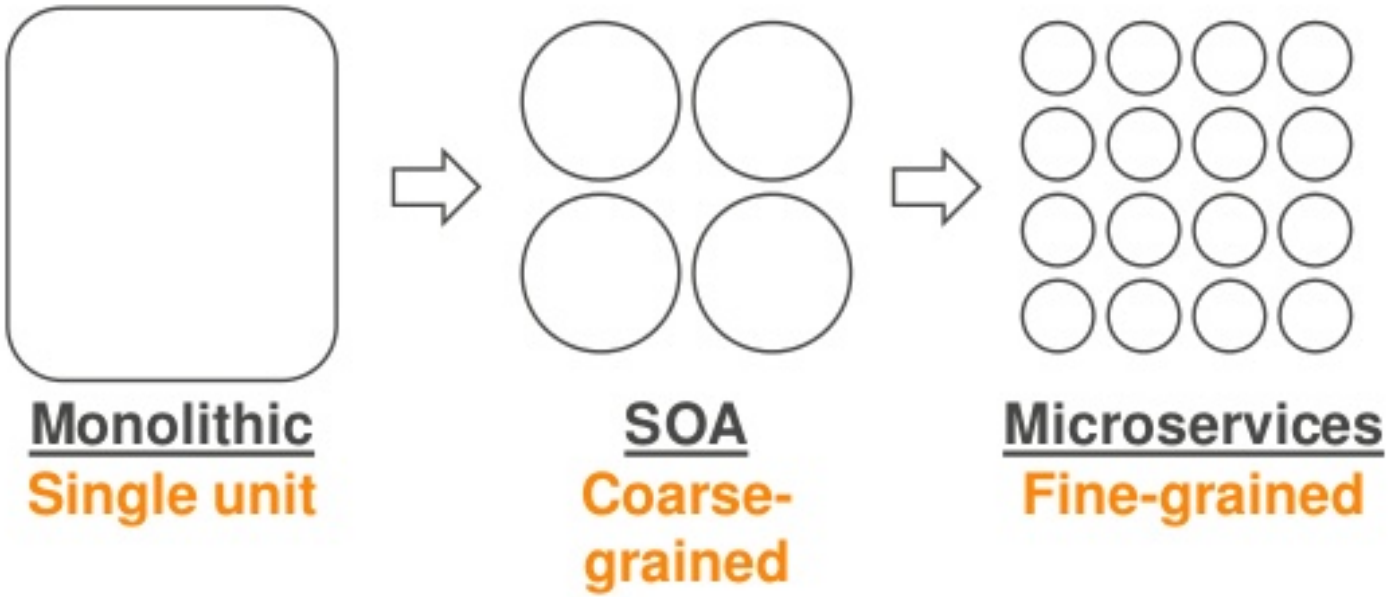
Ref: • (image) Ian Somerville; "Software Engineering", 10th Edition, Pearson (2016)

MVC

- **รายละเอียด**
  - แยกส่วน Presentation และ Interaction ออกจาก Data
  - มีใช้ใน Django, ASP.NET MVC, Rails, AngularJS, EmberJS, Backbone เป็นต้น
- **ข้อดี**
  - สามารถเปลี่ยน UI (view) ได้ โดยใช้ controller และ model ของเดิม
- **ข้อด้อย**
  - การเขียนโปรแกรมซับซ้อนขึ้น เพราะต้องแยก View ออกจาก Controller อย่างเด็ดขาด

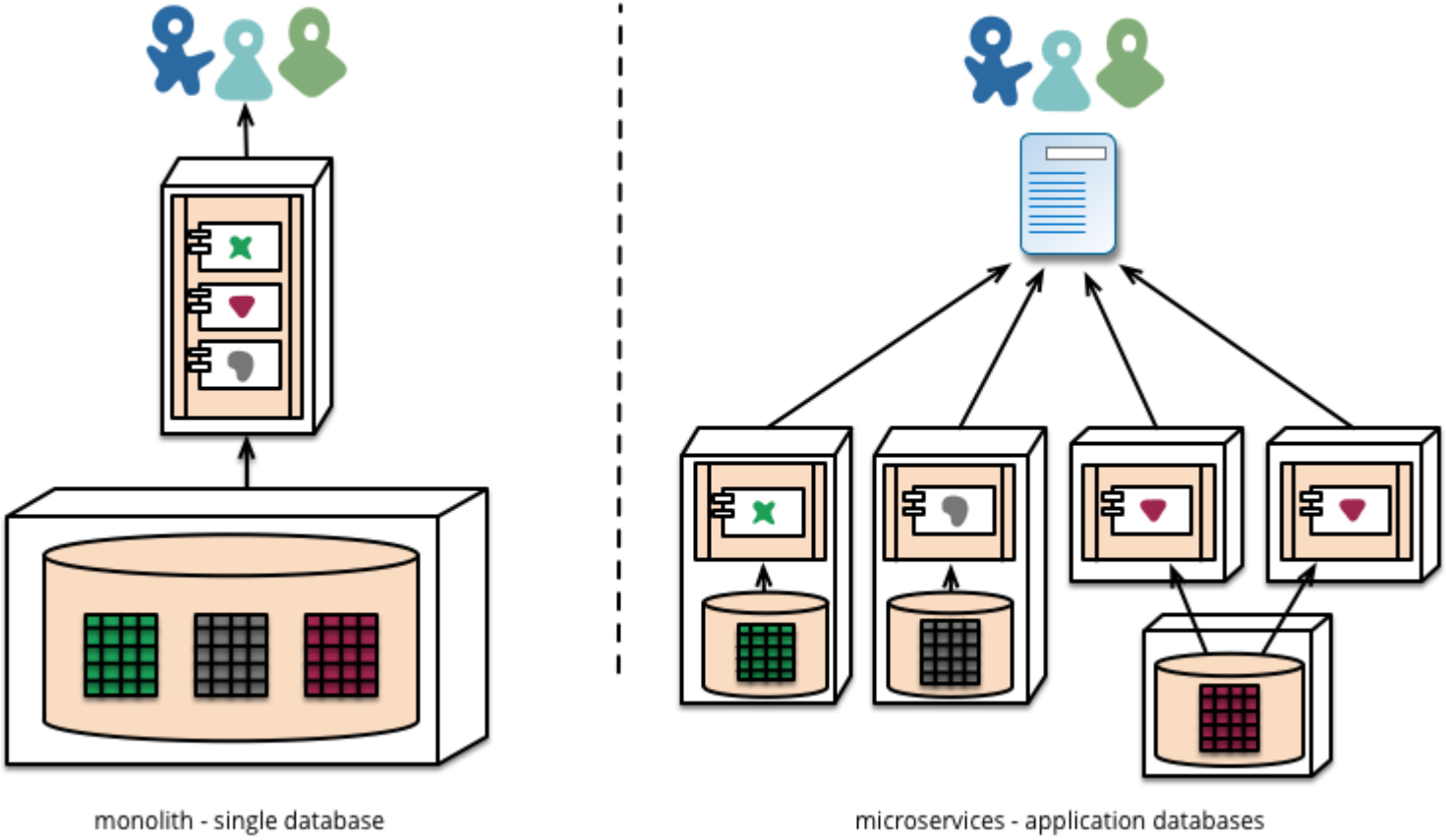
Microservice

To be Microservice



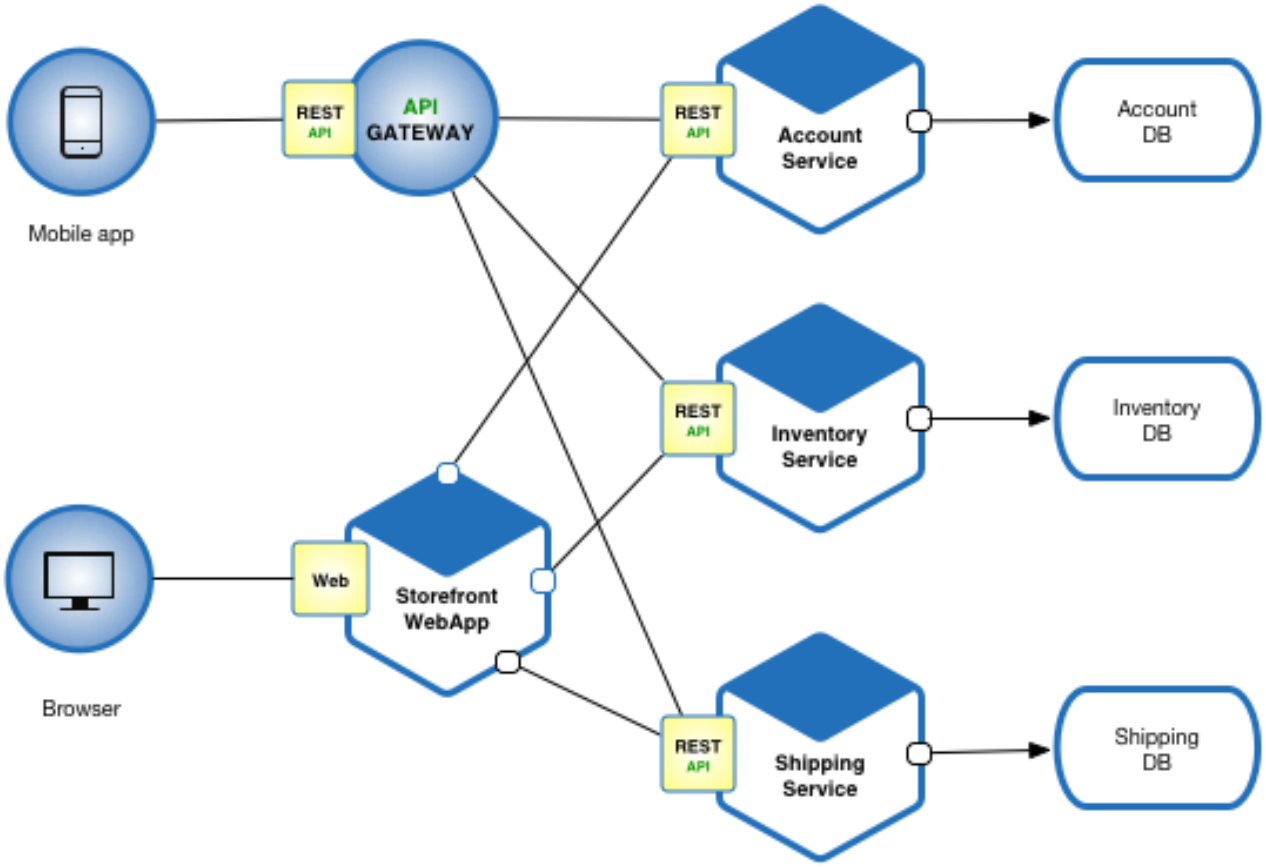
Ref: • (image) https://www.slideshare.net/AmazonWebServices/deep-dive-on-microservices-and-amazon-ecs

Monolith vs. Microservice



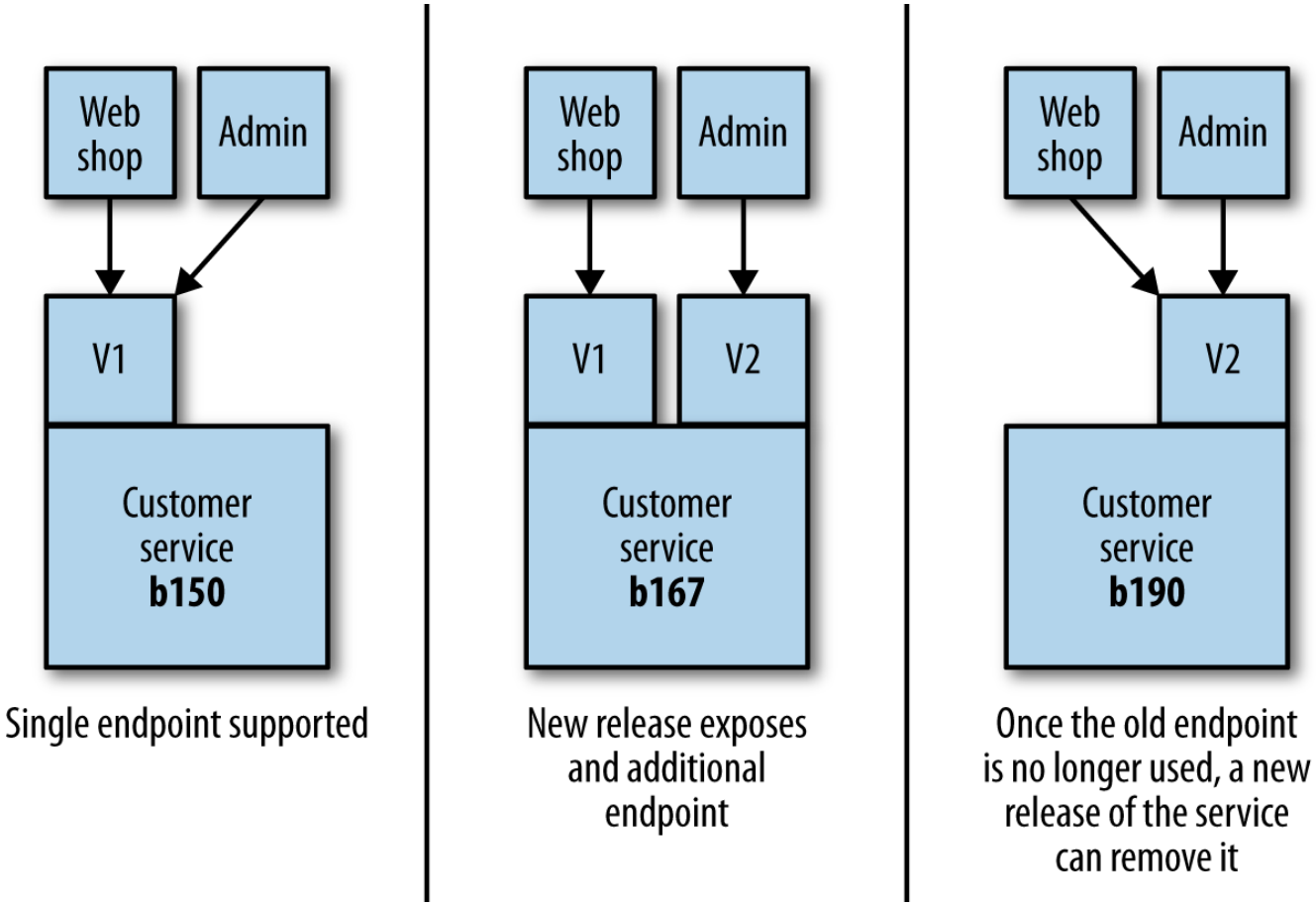
Ref: • (image) https://www.sc-hub.de/en/key-principles/modularity/

Microservice



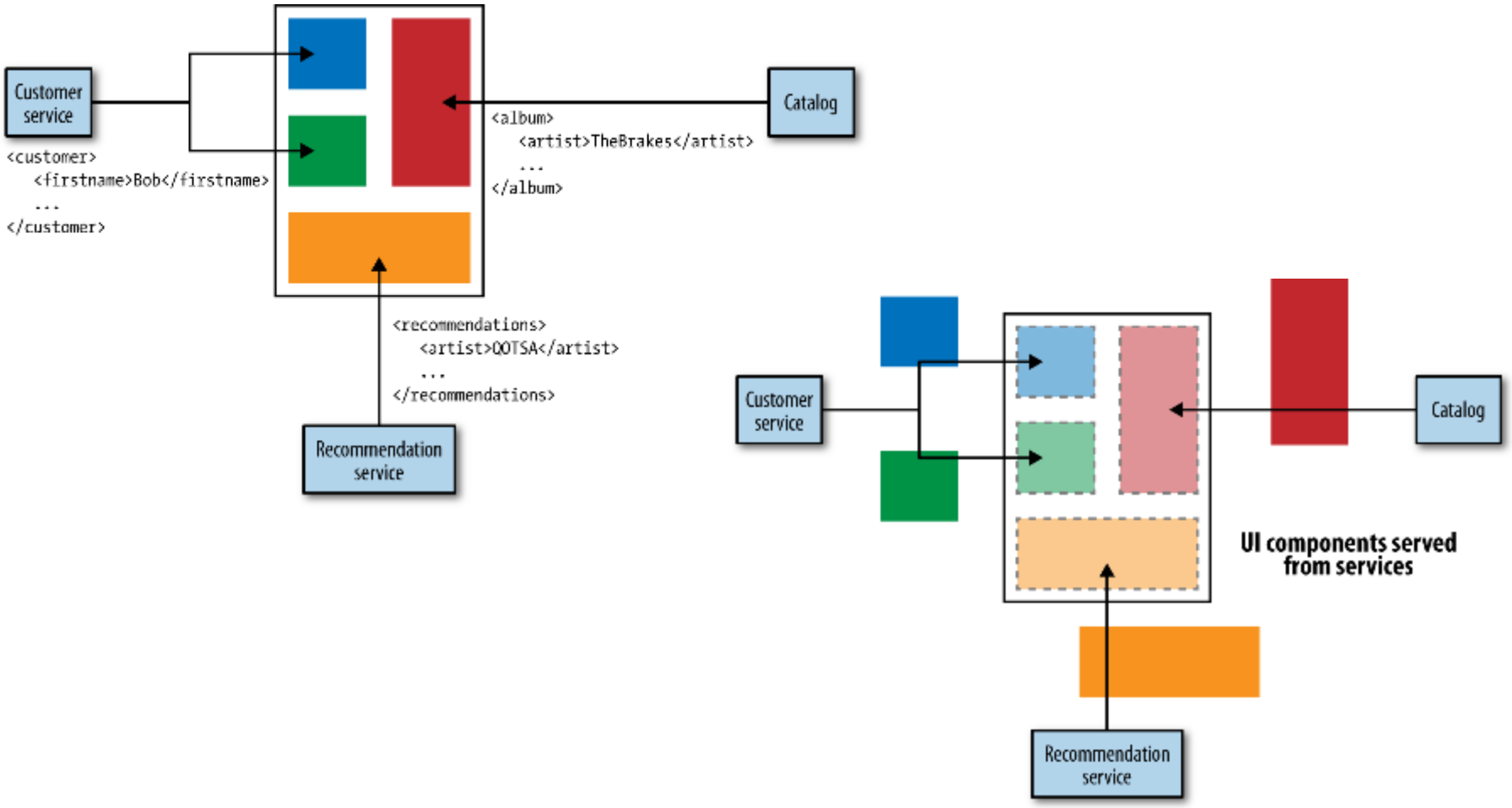
Ref: • (image) http://microservices.io/patterns/microservices.html

Services from Versions



Ref: • (image) https://www.safaribooksonline.com/library/view/building-microservices/9781491950340/ch04.html

Microservice and UI



Ref: • (image) https://www.safaribooksonline.com/library/view/building-microservices/9781491950340/ch04.html

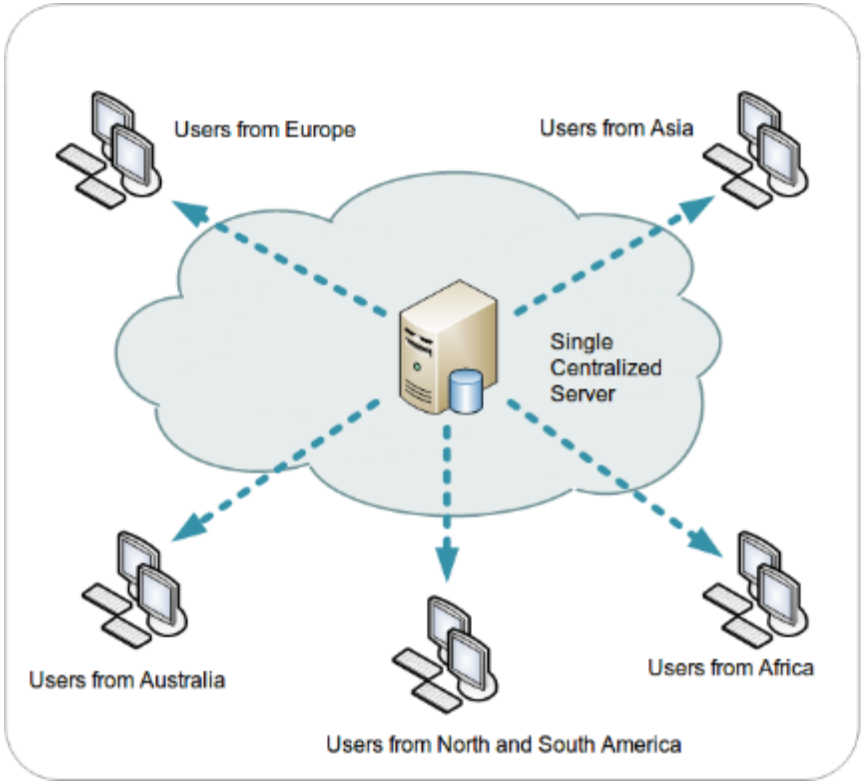
Microservice

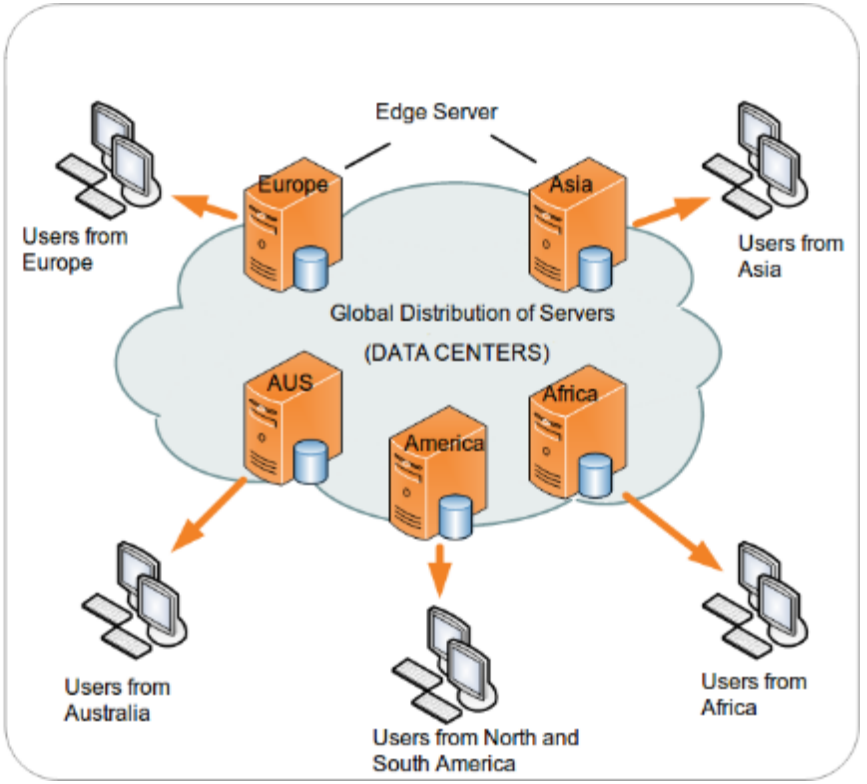
- **รายละเอียด**
  - แบ่งระบบเป็น service ย่อยๆ โดยที่แต่ละ service จะติดต่อ data storage ที่เหมาะสมกับงาน
- **ข้อดี**
  - ซอฟต์แวร์มีขนาดเล็ก
  - สามารถพัฒนาคนละ programming language ได้
  - แต่ละ service ใช้ data storage คนละประเภทตามความเหมาะสมได้
  - สามารถขยายหรือปรับสัดส่วนการใช้ทรัพยากรของแต่ละ service ได้
- **ข้อด้อย**
  - การบริหารจัดการความถูกต้องของข้อมูลใน database ยากขึ้น
  - ต้องจัดการเรื่อง service version ให้รอบคอบ

Distributed Systems

Centered Server vs. Distributed Servers

- ทำไม video hosting services อย่าง YouTube ถึงได้ตอบสนองรวดเร็วทั้งที่ใช้ bandwidth มหาศาล

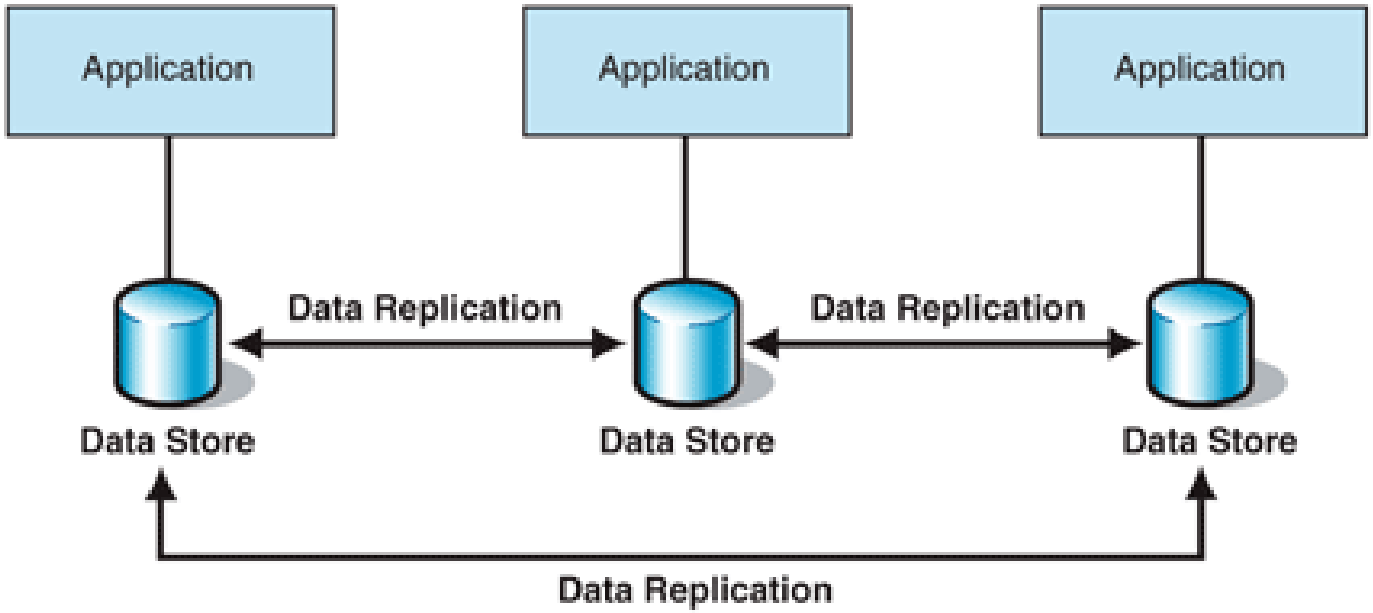




Ref: • (image) https://dzone.com/articles/how-to-improve-your-websites-speed-can-cdn-resolve

Data Replication

- การ update ข้อมูลให้เหมือนกันทุกๆ site



Ref: • (image) https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff647273.aspx

Distributed Systems

- **รายละเอียด**
  - มีการแบ่งระบบเป็น site โดยที่จะมี
  - ในแต่ละ site จะมี database server เป็นของตนเอง และมีการ update ระหว่างกัน
  - ข้อมูลในแต่ละ site อาจจะไม่จำเป็นต้องเหมือนกันก็ได้
- **ข้อดี**
  - สามารถรองรับผู้ใช้ตามภูมิภาคได้อย่างดี
  - หาก site หนึ่งมีปัญหา ก็ยังสามารถปรับให้ผู้ใช้ไปใช้ site อื่นได้
- **ข้อด้อย**
  - การทำ data replication ตลอดเวลาเป็นเรื่องที่ดีเพราะผู้ใช้จะได้รับ data ที่ทันสมัยและถูกต้อง แต่จะทำให้เกิด traffic และสร้างปัญหาทาง network ได้ ดังนั้นจึงต้องกำหนด policy การทำ replication ให้รอบคอบ

Summary

Summary

- Software Architecture
- Layered Architecture
- Client-Server Model
- 3-Tier Architecture
- Service-Oriented Architecture (SOA)
- Model-View-Controller (MVC)
- Microservice
- Distributed Systems

“

Any work of architecture that has with it some discussion, some polemic, I think is good. It shows that people are interested, people are involved.

”

Richard Meier