网站系统，API 设计与短网址
Web System, API Design & Tiny URL

课程版本 v6.0　　本节主讲人 东邪

扫描二维码关注微信/微博
获取最新面试题及权威解答

微信: ninechapter
微博: http://www.weibo.com/ninechapter
知乎: http://zhuanlan.zhihu.com/jiuzhang
官网: http://www.jiuzhang.com

为什么了解网站系统如此重要？

System Design 几乎都是 Backend Design

Backend Design 几乎都是 Web Backend Design

面试真题：当你访问www.google.com 的时候发生了什么？

当你访问 www.google.com 的时候发生了什么

- 你在浏览器输入 www.google.com
- 你首先访问的是离你最近的 DNS 服务器
  - Domain Name Service
  - DNS 服务器记录了 www.google.com 这个域名的 IP 地址是什么
- 你的浏览器然后向该 IP 发送 http/https 请求
  - 每台服务器/计算机联网都需要一个 IP 地址
  - 通过 IP 地址就能找到该 服务器/计算机

IP 地址

```
PING www.google.com (173.194.202.104) 56(84) bytes of data.
64 bytes from pf-in-f104.1e100.net (173.194.202.104): icmp_seq=1 ttl=63 time=32.9 ms
64 bytes from pf-in-f104.1e100.net (173.194.202.104): icmp_seq=2 ttl=63 time=33.9 ms
64 bytes from pf-in-f104.1e100.net (173.194.202.104): icmp_seq=3 ttl=63 time=39.3 ms
64 bytes from pf-in-f104.1e100.net (173.194.202.104): icmp_seq=4 ttl=63 time=34.8 ms
```

当你访问 www.google.com 的时候发生了什么

- 服务器(Web Server)收到请求，将请求递交给正在 80 端口监听的HTTP Server
- 比较常用的 HTTP Server 有 Apache, Unicorn, Gunicorn, Uwsgi
- HTTP Server 将请求转发给 Web Application
  - 最火的三大Web Application Framework: Django, Ruby on Rails, NodeJS
  - Python 新宠：Flask
- Web Application 处理请求
  - 根据当前路径 “/”找到对应的逻辑处理模块
  - 根据用户请求参数(GET+POST)决定如何获取/存放数据
  - 从数据存储服务（数据库或者文件系统）中读取数据
  - 组织数据成一张 html 网页作为返回结果
- 浏览器得到结果，展示给用户

网站系统的基本概念

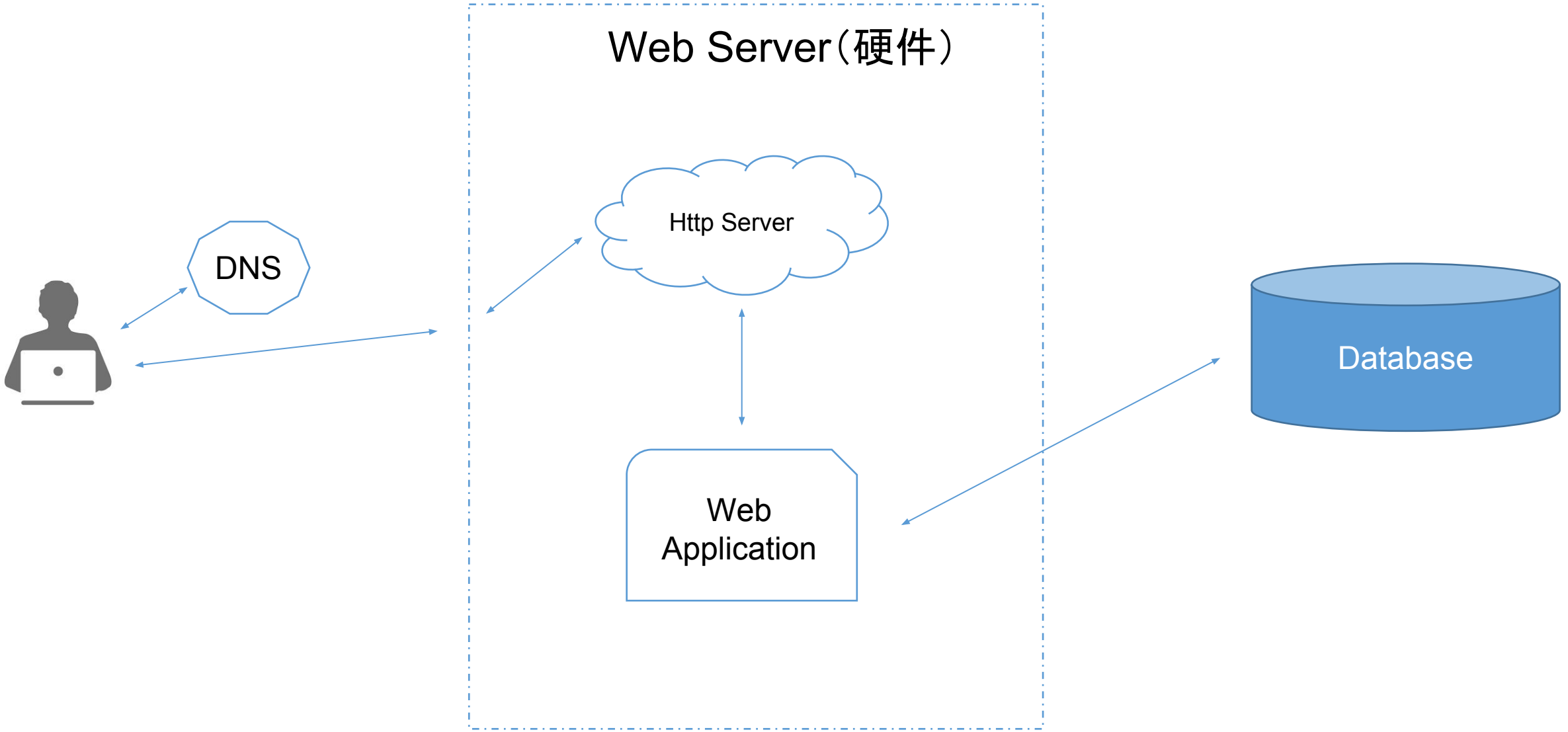
- DNS
- HTTP
- Domain
- IP Address
- URL
- Web Server（硬件）
- HTTP Server（软件）
- Web Application（软件）

当你访问 www.google.com 的时候发生了什么

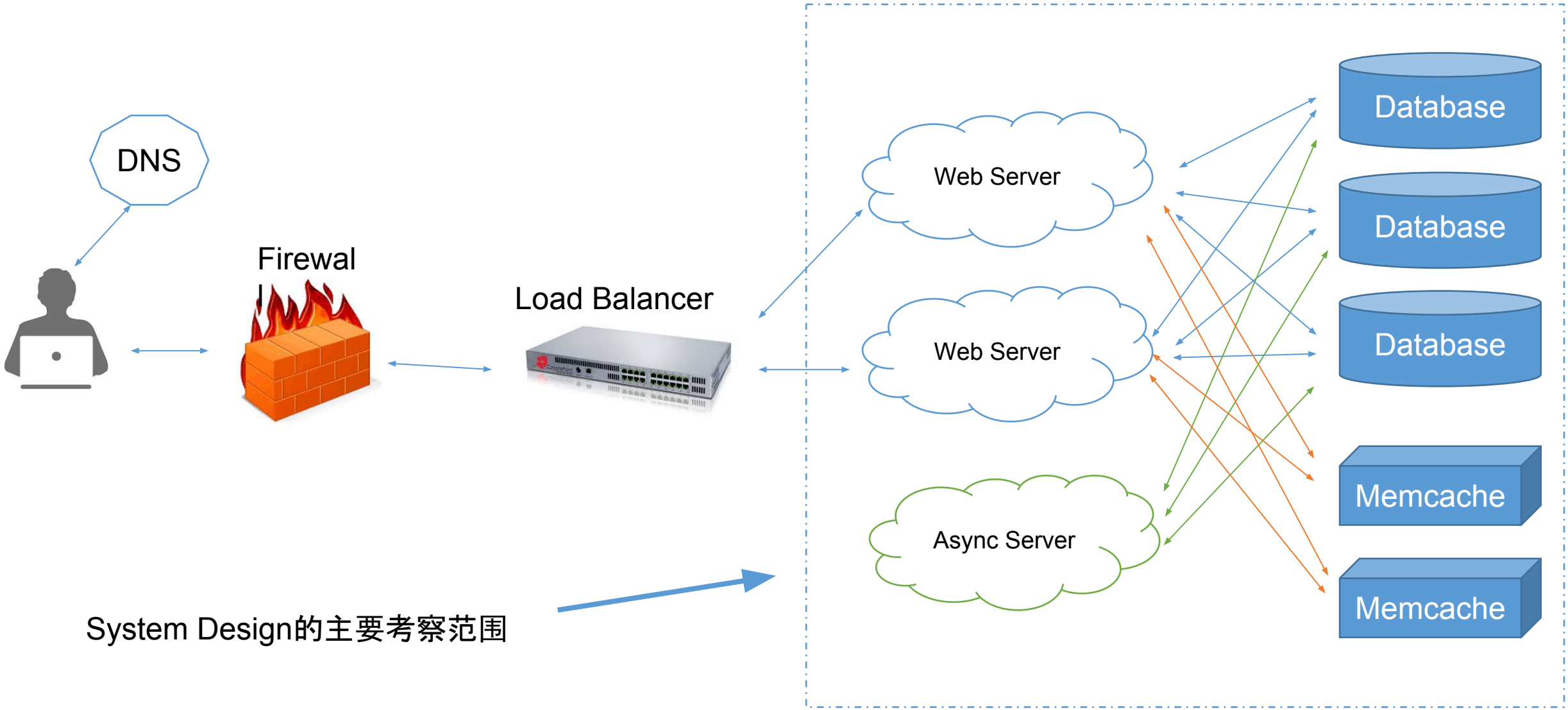
动手用Django搭建一个网站（约1天）

Read more:
https://www.djangoproject.com

简单的网站系统架构原理图



复杂的网站系统架构原理图



API Design

常见的一类系统设计知识点的考察

什么是 API？

API = Application Programming Interface

样例1:

你实现了一个叫做 Utility 的 class，然后这个 class 提供一个 sortIntegers 的 method，可以对参数中的整数数组进行排序。这就是一个 API。

样例2:

你访问了 https://www.awebsite.com/api/users/ 获得了所有的用户的信息。这就是一个 Web API

通常来说，只要是你提供了一些方法，函数，功能给别人用，别人通过直接的函数调用或者 http 等方式进行调用，得到了返回结果，这就是 API。

练习：下面哪种 API 的设计更合理

目标：获得当前登陆用户在 LintCode 上某个题上的所有提交记录

注：完整的API地址应该为 https://www.lintcode.com/api/… 以下简写为 /api/…

A: /api/users/<current_user_id>/submissions/?problem_id=1000

B: /api/users/me/submissions/?problem_id=1000

C: /api/submissions/?problem_id=1000&user_id=<current_user_id>

D: /api/submissions/?problem_id=1000 # 后台用当前用户去筛选

E: /api/problems/1000/submissions/ # 后台用当前用户去筛选

Rest API

你要获取的数据是什么，路径的主目录就是什么

要获取 problem 就是 /api/problems/

要获取 submission 就是 /api/submissions/

RESTful API

REST = Representational State Transfer = 你不认识他他也不认识你的**某种协议**

满足 REST 协议的架构和设计，叫做 RESTful

RESTful API 的通俗定义：

- 每个 URL 代表某种类型的一个或者多个数据
  - 如 /api/problems/ 表示得到所有 problems 的数据
  - 如 /api/problems/1/ 表示得到 problem_id=1 的这个 problem 的数据
- 使用 HTTP 的四个动作（POST，DELETE，GET，PUT）来代表对数据的增删查改
- 所有的筛选条件，创建参数，都放到 HTTP 的参数里

REST 练习1：增删查改某个用户的信息

错误的设计：

/api/accounts/create/

/api/accounts/1/delete/

/api/accounts/1/show/

/api/accounts/1/update/

正确的设计：

POST /api/accounts/

DELETE /api/accounts/1/

GET /api/accounts/1/

PUT /api/accounts/1/

REST 练习2：创建转账记录

错误的设计：POST /api/accounts/1/transfer/500/to/2/

正确的设计：POST /api/transaction/?from=1&to=2&money=500

面试真题：Design News Feed API

与 Design News Feed System 的区别是不需要管后台数据如何存储和获取，只需要进行和前端交互的接口设计

Design News Feed API 考点

- 什么是 API，设计获取 News Feeds List 的 Web API 请求格式
- 设计 API 返回的内容格式
- 设计翻页 Pagination
- 设计 Mentions 的数据格式

面试官提问1：设计 News Feed List 的 Web API 请求格式

GET https://www.facebook-or-twitter.com/api/newsfeed/

or

GET https://api.facebook-or-twitter.com/newsfeed/

Read request 用 GET

要获取的 Resource 是什么，一级目录就是什么

面试官提问2：设计API 的返回格式

问：返回 Structured Data 还是 HTML？

Structured Data 比如 JSON 或者 XML

JSON vs XML

目前主流的基于 HTTP 协议的数据格式一般都会选择用 JSON

XML 目前主要用于在 Android 的代码中记录一些格式化的数据

http://localhost:8080/Json/SyncReply/Contacts

```
{
  - Contacts: [
      - {
            FirstName: "Demis",
            LastName: "Bellot",
            Email: "demis.bellot@gmail.com"
        },
      - {
            FirstName: "Steve",
            LastName: "Jobs",
            Email: "steve@apple.com"
        },
      - {
            FirstName: "Steve",
            LastName: "Ballmer",
            Email: "steve@microsoft.com"
        },
      - {
            FirstName: "Eric",
            LastName: "Schmidt",
            Email: "eric@google.com"
        },
      - {
            FirstName: "Larry",
            LastName: "Ellison",
            Email: "larry@oracle.com"
        }
    ]
}
```

http://localhost:8080/Xml/SyncReply/Contacts

```
<ContactsResponse xmlns:i="http://www.w3.org/20
  <Contacts>
    <Contact>
      <Email>demis.bellot@gmail.com</Email>
      <FirstName>Demis</FirstName>
      <LastName>Bellot</LastName>
    </Contact>
    <Contact>
      <Email>steve@apple.com</Email>
      <FirstName>Steve</FirstName>
      <LastName>Jobs</LastName>
    </Contact>
    <Contact>
      <Email>steve@microsoft.com</Email>
      <FirstName>Steve</FirstName>
      <LastName>Ballmer</LastName>
    </Contact>
    <Contact>
      <Email>eric@google.com</Email>
      <FirstName>Eric</FirstName>
      <LastName>Schmidt</LastName>
    </Contact>
    <Contact>
      <Email>larry@oracle.com</Email>
      <FirstName>Larry</FirstName>
      <LastName>Ellison</LastName>
    </Contact>
  </Contacts>
</ContactsResponse>
```

面试官提问3：如何设计翻页 Pagination？

下面哪种方法是正确的？

方法1：/api/newsfeed/?page=1

方法2：/api/newsfeed/?max_id=xxx

翻页 Pagination

传统翻页方法：?page=1

优点：可以直接跳转到第 x 页

缺点：如果有新数据被插入时，翻到下一页可能会看到上一页的内容

适用于用户希望查阅很久以前的内容的使用场景

NewsFeed 是否适用？No

用户获得第一页数据，得到前3个 Item
-----page1-----
item0
item1
item2
-----page2-----
item3
item4
item5

用户点击下一页之前新数据被加入：
-----page1------
new-item
item0
item1
-----page2------
item2
item3
item4

用户此时再请求第二页的数据，会看到重复 item

翻页 Pagination

News Feed 一般不会采用页码进行翻页

而是采用无限翻页 Endless Pagination

API 设计：

/api/newsfeed/?max_id=1000

没有 max_id 表示第一页

有 max_id 找到所有 id <= max_id 的最顶上的一页的数据（假设倒序）

面试官提问3.1：如何判定有没有下一页？

当 response 里什么数据都没有时表示没有下一页

问：这种方法有什么问题？

判断是否是最后一页

正确方法：

每次多取一个数据，如果取到，把这个数据作为 next_max_id 返回给前端

```
PAGE_SIZE = 20
从 request 中获取 max_id
if 没有 max_id
    获得最新的 PAGE_SIZE + 1 条数据
else
    获得 id <=max_id 的最新的 PAGE_SIZE + 1 条数据

如果获取到的数据为 21 条，将第21条的 id 赋值给 next_max_id
否则 next_max_id = null

返回数据：
{
    'next_max_id': next_max_id,
    'items': [...最多 PAGE_SIZE 条数据]
}
```

面试官提问3.2: 如何获得更新内容

GET /api/newsfeed/?min_id=<id>

找到所有 id > 目前客户端里最新的一条帖子的 id 的所有帖子

面试官提问4：设计 Mentions 的数据格式

当 News Feed 的文本内容里有 Mentions 的时候，即提到了某个人

该如何在文本内容中体现并让前端可以显示成一个带 link 的样式？

方法1:在文本中直接返回 html 格式的链接

Hello world, this is the first post from

@someone

please follow me!

缺点？

设计 Mentions 的数据格式

缺点1：需要预防 javascript injection attack

举例：人人网曾经遭受过一次 javascript injection attack，看了某个帖子之后，自动就分享出去了

缺点2：API 无法被 Mobile 端共享

Mobile 显示链接并不是用 <a>

缺点3：URL 可能会改动

如果将链接内容作为 post 的一部分存入数据库中，以后如果链接发生了变化，如从 /users/<id>/ 改成了 /users/<username>/ 那么旧的链接无法被马上弃用（因为已经存在数据库里了，改起来太费劲，需要遍历所有的数据），从而导致有安全隐患设计的 URL /users/<id>/ 无法被弃用。

推荐方法：自定义链接结构

如 <user username="someone">Hello World</user>

让 Web 和 Mobile 分别对该格式进行解析

解析成各自平台认识的格式

设计短网址系统
Design Tiny URL

https://bitly.com/

https://goo.gl/

Google url shortener

Paste your long URL here:

Google

http://www.jiuzhang.com

Shorten URL

进行人机身份验证

reCAPTCHA

隐私权 - 使用条款

All goo.gl URLs and click analytics are public and can be accessed by anyone.

»

http://goo.gl/2KEEaJ

0 minutes ago - details

http://www.jiuzhang.com/

回顾系统设计的常见误区

流量一定巨大无比

那必须是要用NoSQL了

那必须是分布式系统了

某同学：先来个Load Balancer，后面一堆Web Server，然后memcached，最底层NoSQL，搞定！

系统设计问题的基本步骤

4S 分析法——

1. 提问：分析功能/需求/QPS/存储容量——Scenario
2. 画图：根据分析结果设计“可行解”—— Service+Storage
3. 进化：研究可能遇到的问题，优化系统 —— Scale

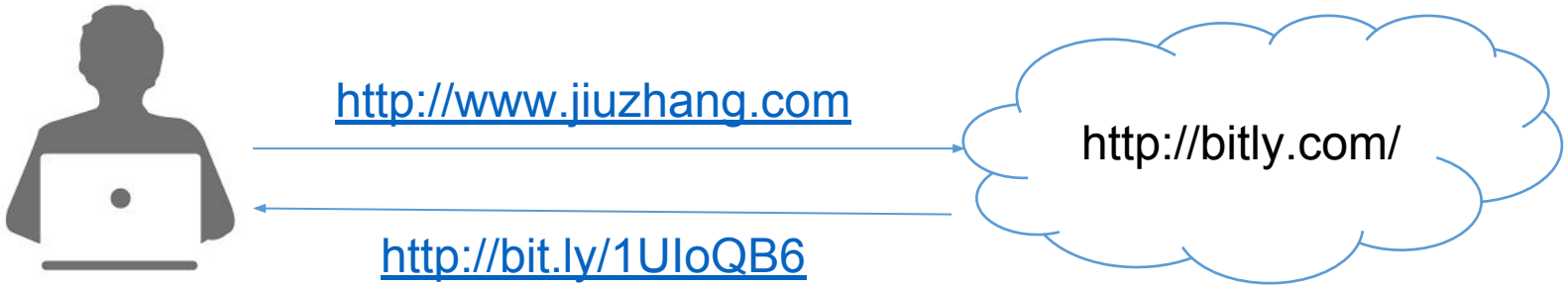
Scenario 场景分析

http://short.url

动起手来试试看

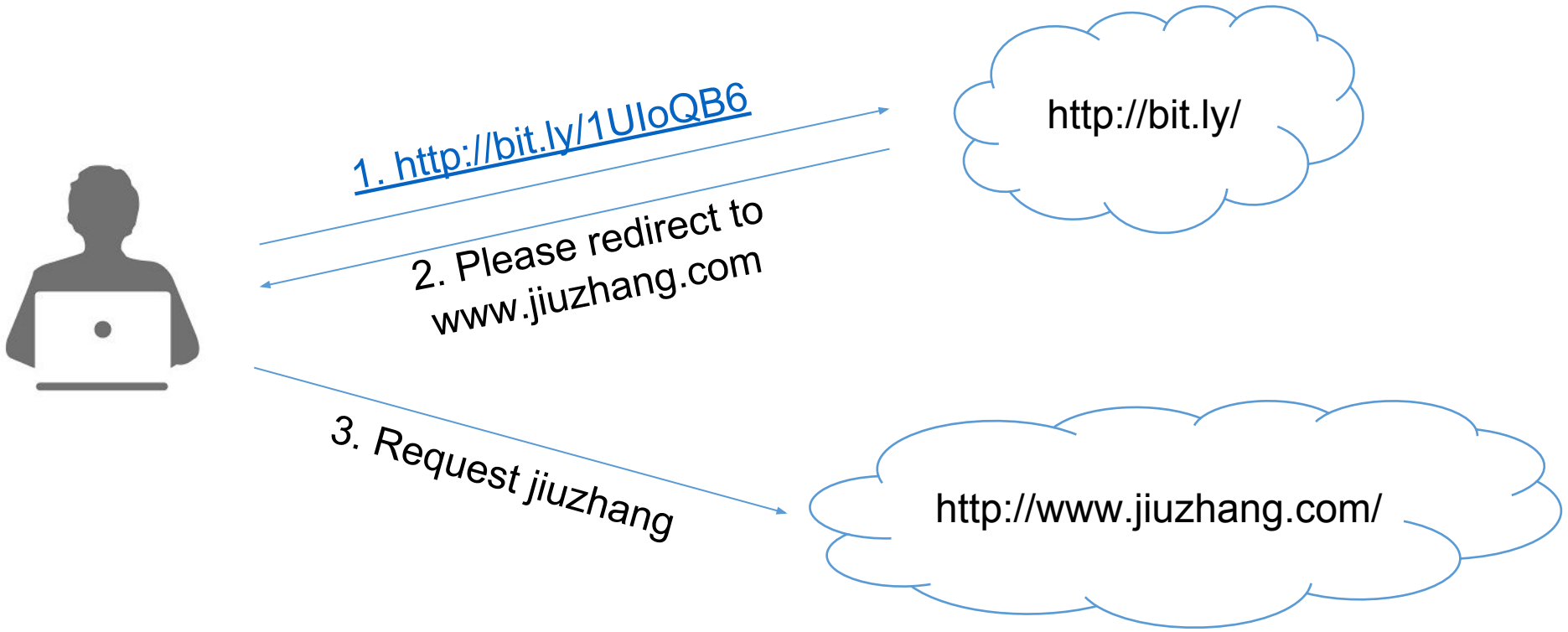
Scenario 场景 —— 我要设计啥

- 根据 Long URL 生成一个 Short URL
  - http://www.jiuzhang.com => http://bit.ly/1UIoQB6



Scenario 场景 —— 我要设计啥

- 根据 Short URL 还原 Long URL，并跳转
  - http://bit.ly/1UIoQB6 => http://www.jiuzhang.com



两个需要和面试官确认的问题

Long Url 和 Short Url 之间必须是一一对应的关系么？

Short Url 长时间没人用需要释放么？

不同的要求设计出来的系统完全不一样！

QPS

动起手来试试看，分析QPS和存储

Scenario 需求 —— QPS + Storage

- 1. 询问面试官微博日活跃用户
  - 约100M
- 2. 推算产生一条Tiny URL的QPS
  - 假设每个用户平均每天发 0.1 条带 URL 的微博
  - Average Write QPS = 100M * 0.1 / 86400 ~ 100
  - Peak Write QPS = 100 * 2 = 200
- 3. 推算点击一条Tiny URL的QPS
  - 假设每个用户平均点1个Tiny URL
  - Average Read QPS = 100M * 1 / 86400 ~ 1k
  - Peak Read QPS = 2k
- 4. 推算每天产生的新的 URL 所占存储
  - 100M * 0.1 ~ 10M 条
  - 每一条 URL 长度平均 100 算，一共1G
  - 1T 的硬盘可以用 3 年

2k QPS
一台 SSD支持 的MySQL完全可以搞定

Service 服务

该系统比较简单，只有一个 Service

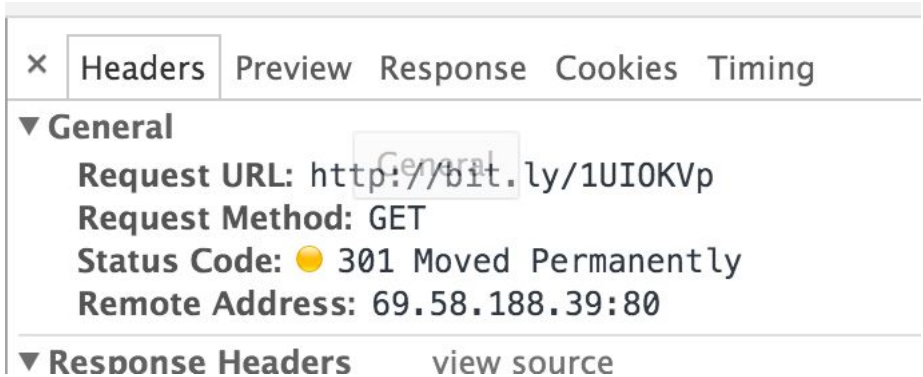
URL Service

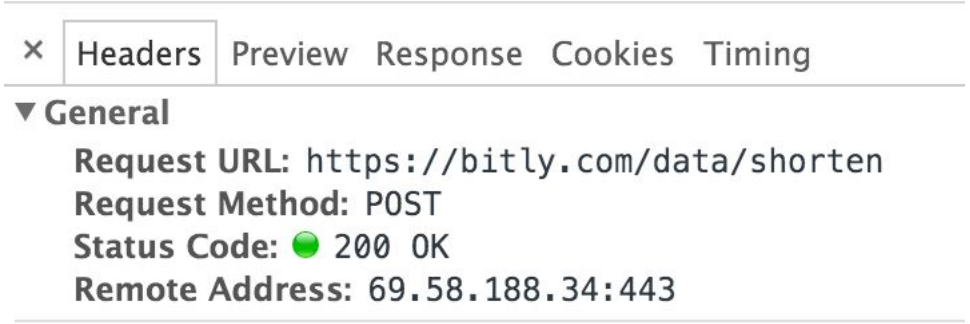
Service 服务 —— 逻辑块聚类与接口设计

- TinyUrl只有一个UrlService
  - 本身就是一个小Application
  - 无需关心其他的

- 函数设计
  - UrlService.encode(long_url)
  - UrlService.decode(short_url)

- 访问端口设计
  - GET /<short_url>
    - return a Http redirect response
  - POST /data/shorten/
    - Data = {url: http://xxxx }
    - Return short url





Storage 数据存取

数据如何存储与访问

第一步：Select 选存储结构
第二步：Schema 细化数据表

SQL or NoSQL

选什么？标准是什么？

SQL vs NoSQL —— 到底怎么选？

- 是否需要支持 Transaction？——不需要。NoSQL +1
  - NoSQL不支持Transaction
- 是否需要丰富的 SQL Query？——不需要。NoSQL +1
  - NoSQL的SQL Query不是太丰富
  - 也有一些NoSQL的数据库提供简单的SQL Query支持
- 是否想偷懒？——Tiny URL 需要写的代码并不复杂。NoSQL+1
  - 大多数 Web Framework 与 SQL 数据库兼容得很好
  - 用SQL比用NoSQL少写很多代码

SQL vs NoSQL —— 到底怎么选？

- 对QPS的要求有多高？—— 经计算，2k QPS并不高，而且2k读可以用Cache，写很少。SQL +1
  - NoSQL 的性能更高
- 对Scalability的要求有多高？—— 存储和QPS要求都不高，单机都可以搞定。SQL+1
  - SQL 需要码农自己写代码来 Scale
    - 还记得Db那节课中怎么做 Sharding，Replica 的么？
  - NoSQL 这些都帮你做了
- 是否需要Sequential ID？——取决于你用什么算法
  - SQL 为你提供了 auto-increment 的 Sequential ID
  - 也就是1,2,3,4,5 …
  - NoSQL的ID并不是 Sequential 的

所以Tiny URL用什么比较合适？

算法是什么？

如何将 Long Url 转换为一个 6位的 Short Url？

http://www.lintcode.com/problem/tiny-url/

算法1 使用哈希函数 Hash Function（不可行）

- 比如取 Long Url 的 MD5 的最后 6 位
  - 只是打个比方，这个方法肯定是有问题的啦
- 优点：快
- 缺点：难以设计一个没有冲突的哈希算法

算法2 随机生成ShortURL + 数据库去重

- 随机一个 6 位的 ShortURL，如果没有被用过，就绑定到该 LongURL
- 伪代码如下：

```
public String longToShort(String url) {
    while (true) {
        String shortURL = randomShortURL();
        if (!database.filter(shortURL=shortURL).exists() {
            database.create(shortURL=shortURL, longURL=url);
            return shortURL;
        }
    }
}
```

- 优点：实现简单
- 缺点：生成短网址的速度随着短网址越来越多变得越来越慢

算法3 进制转换 Base62

- Base62
  - 将 6 位的short url看做一个62进制数(0-9, a-z, A-Z)
  - 每个short url 对应到一个整数
  - 该整数对应数据库表的Primary Key —— Sequential ID
- 6 位可以表示的不同 URL 有多少？
  - 5 位 = 62^5 = 0.9B = 9 亿
  - 6 位 = 62^6 = 57 B = 570 亿
  - 7 位 = 62^7 = 3.5 T = 35000 亿
-
- 优点：效率高
- 缺点：依赖于全局的自增ID

```
int shortURLtoID(String shortURL) {
    int id = 0;
    for (int i = 0; i < shortURL.length(); ++i) {
        id = id * 62 + toBase62(shortURL.charAt(i));
    }
    return id;
}

String idToShortURL(int id) {
    String chars = "0123456789abcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ";
    String short_url = "";
    while (id > 0) {
        short_url = chars.charAt(id % 62) + short_url;
        id = id / 62;
    }
    while (short_url.length() < 6) {
        short_url = "0" + short_url;
    }
    return short_url;
}
```

随机生成 vs 进制转换

幸福二选一

基于随机生成的方法

需要根据 Long 查询 Short，也需要根据 Short 查询 Long。

如果选择用 SQL 型数据库，表结构如下：

shortKey	longUrl
a0B4Lb	http://www.jiuzhang.com/
Df523P	http://www.lintcode.com/
dao80F	http://www.google.com/
QFD8oq	http://www.facebook.com/

并且需要对 shortKey 和 longURL 分别建**索引(index)**。

- 什么是索引？http://t.cn/R6xgLd8
- 索引的原理？http://t.cn/R6xg4aj

基于随机生成的方法

也可以选用 NoSQL 数据库，但是需要建立两张表（大多数 NoSQL 不支持多重索引 Multi-index）

以 Cassandra 为例子

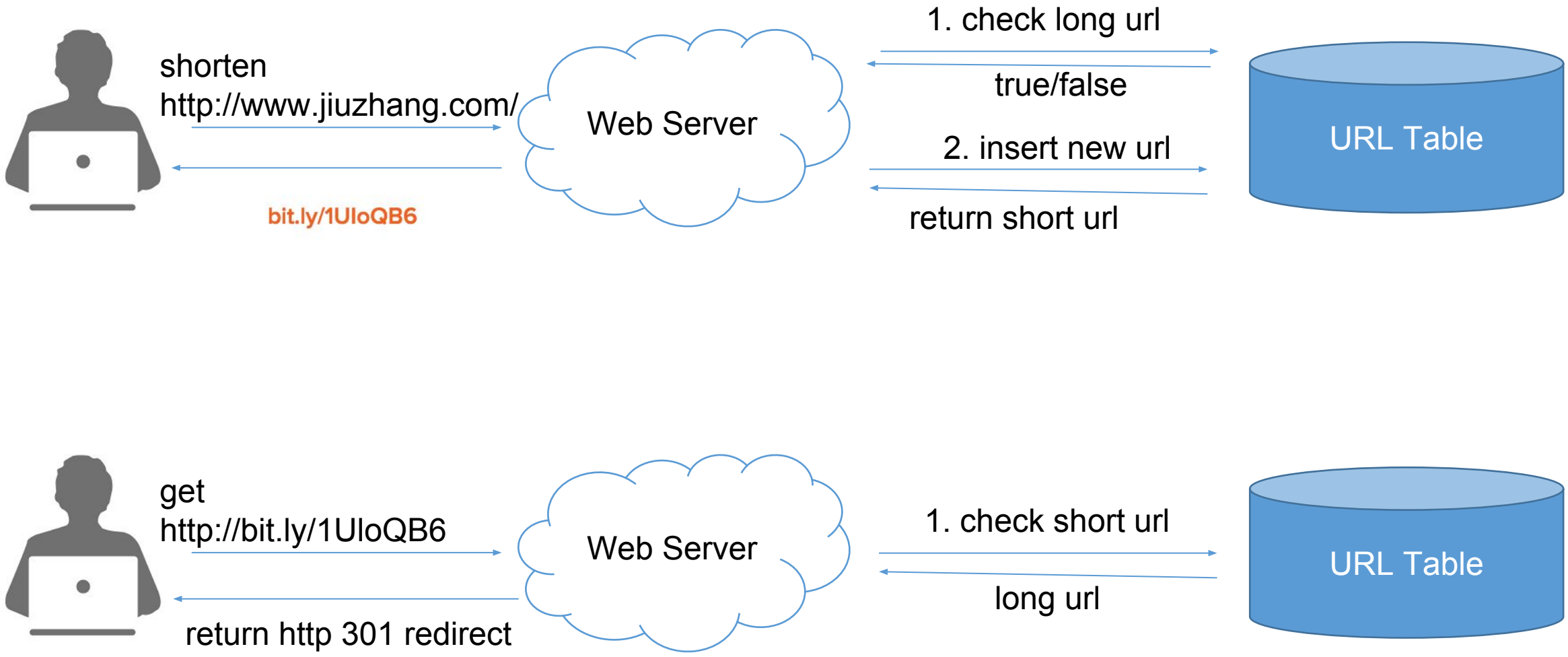
第一张表：根据 Long 查询 Short

row_key=longURL, column_key=ShortURL, value=null or timestamp

第二张表：根据 Short 查询 Long

row_key=shortURL, column_key=LongURL, value=null or timestamp

基于随机生成方法的 Work Solution



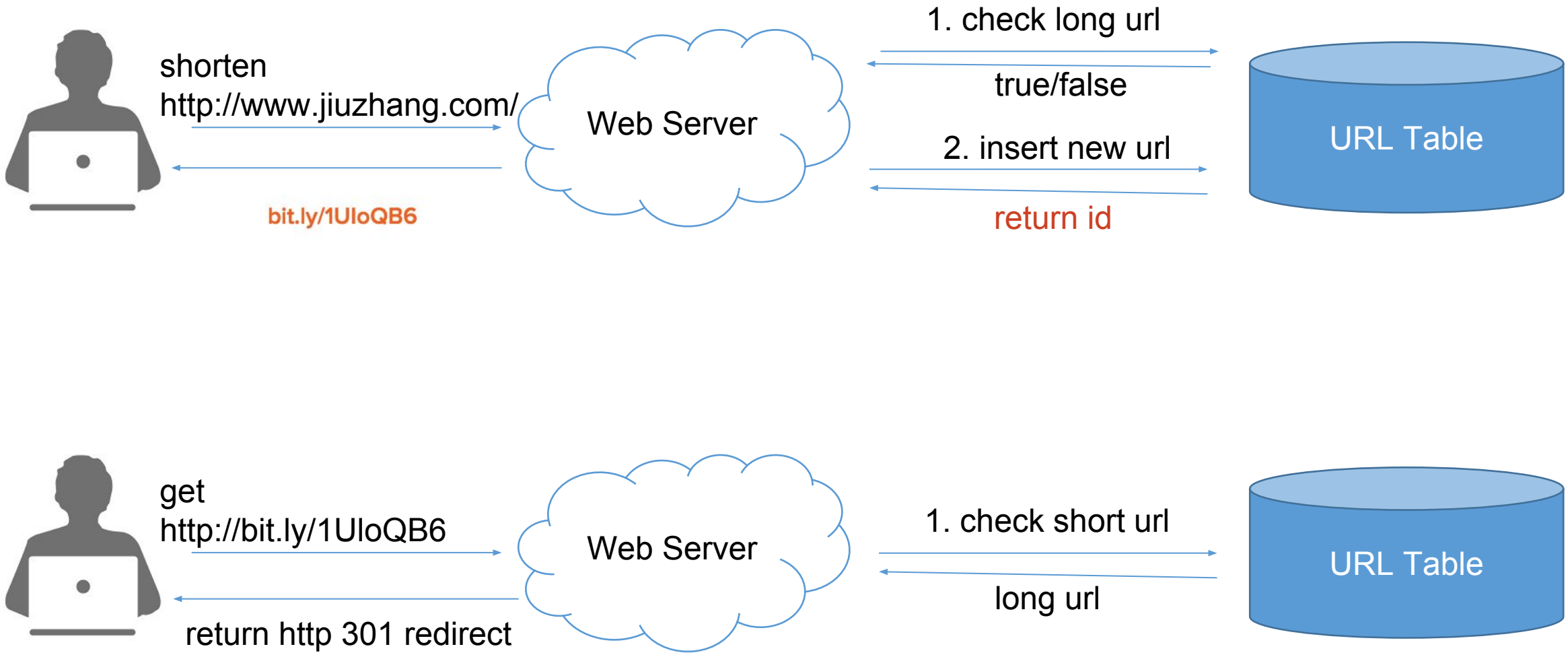
基于进制转换的方法

因为需要用到自增ID(Sequential ID)，因此只能选择使用 SQL 型数据库。

表单结构如下，shortURL 可以不存储在表单里，因为可以根据 id 来进行换算

id	longUrl (index=true)
1	http://www.jiuzhang.com/
2	http://www.lintcode.com/
3	http://www.google.com/
4	http://www.facebook.com/

基于进制转换方法的Work Solution



Scale 进化

Tiny URL 有什么可以优化的地方？

Interviewer: How to reduce response time?

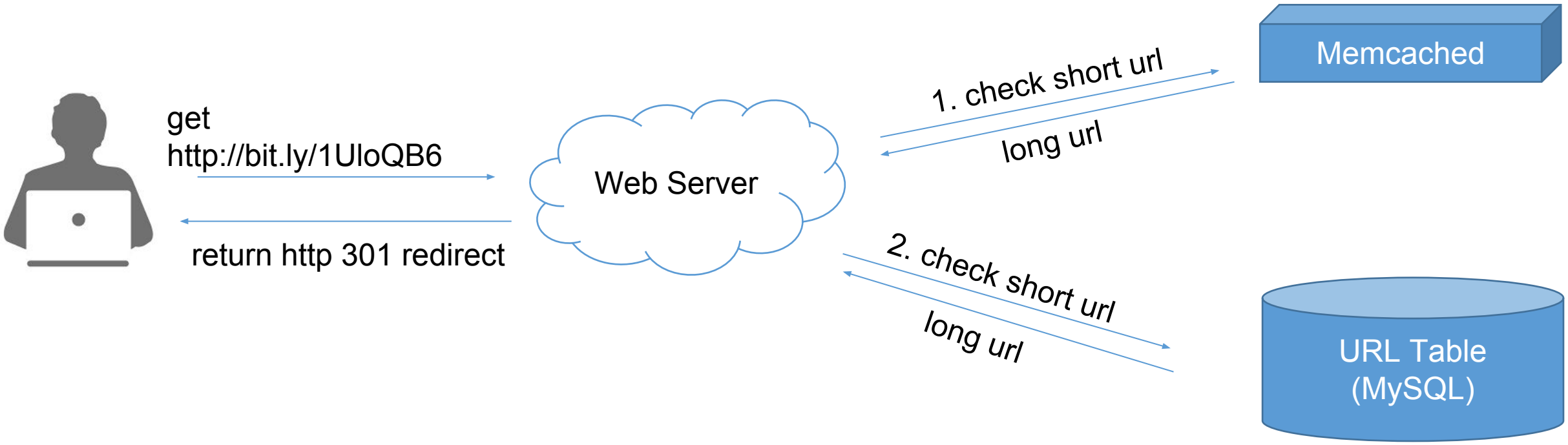
如何提高响应速度？

说说看有哪些地方可以加速？

提高读的速度还是写的速度？

Scale – 如何提速

- 利用缓存提速(Cache Aside)
- 缓存里需要存两类数据:
  - long to short(生成新 short url 时需要)
  - short to long(查询 short url 时需要)
- 小练习:自己画一下生成新URL时的流程图



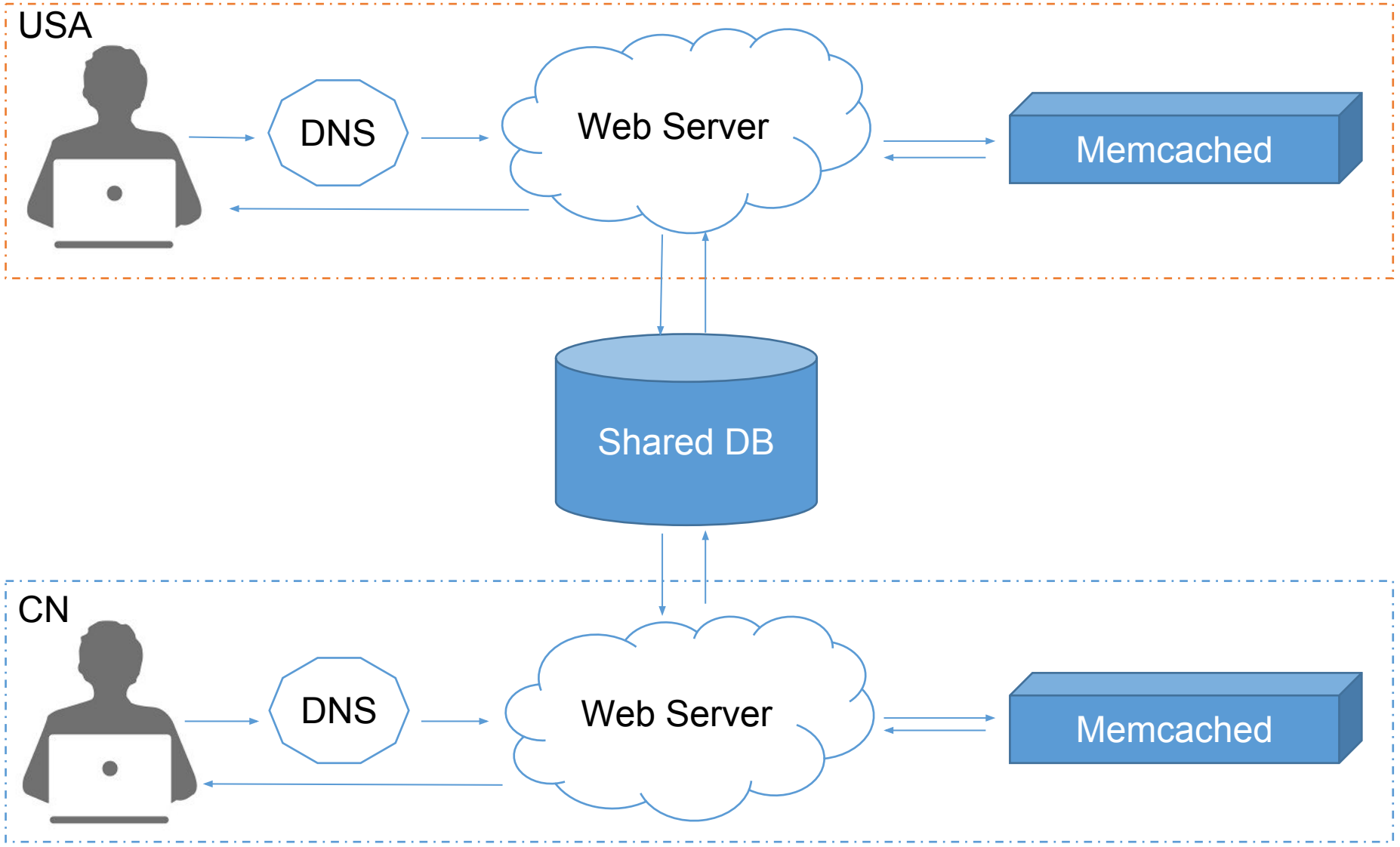
Scale – 如何提速

- 利用地理位置信息提速

- 优化服务器访问速度
  - 不同的地区，使用不同的 Web 服务器
  - 通过DNS解析不同地区的用户到不同的服务器

- 优化数据访问速度
  - 使用Centralized MySQL+Distributed Memcached
  - 一个MySQL配多个Memcached，Memcached跨地区分布

Scale – 如何提速



Tiny URL 里程碑

- 场景分析：要做什么功能
- 需求分析：QPS和Storage
- 应用服务：UrlService
- 数据分析：选SQL还是NoSQL
- 数据分析：细化数据库表
- 得到一个Work Solution
- 提高Web服务器与数据服务器之间的访问效率：利用缓存提高读请求的效率
- 提高用户与服务器之间的访问效率：解决了中国用户访问美国服务器慢的问题

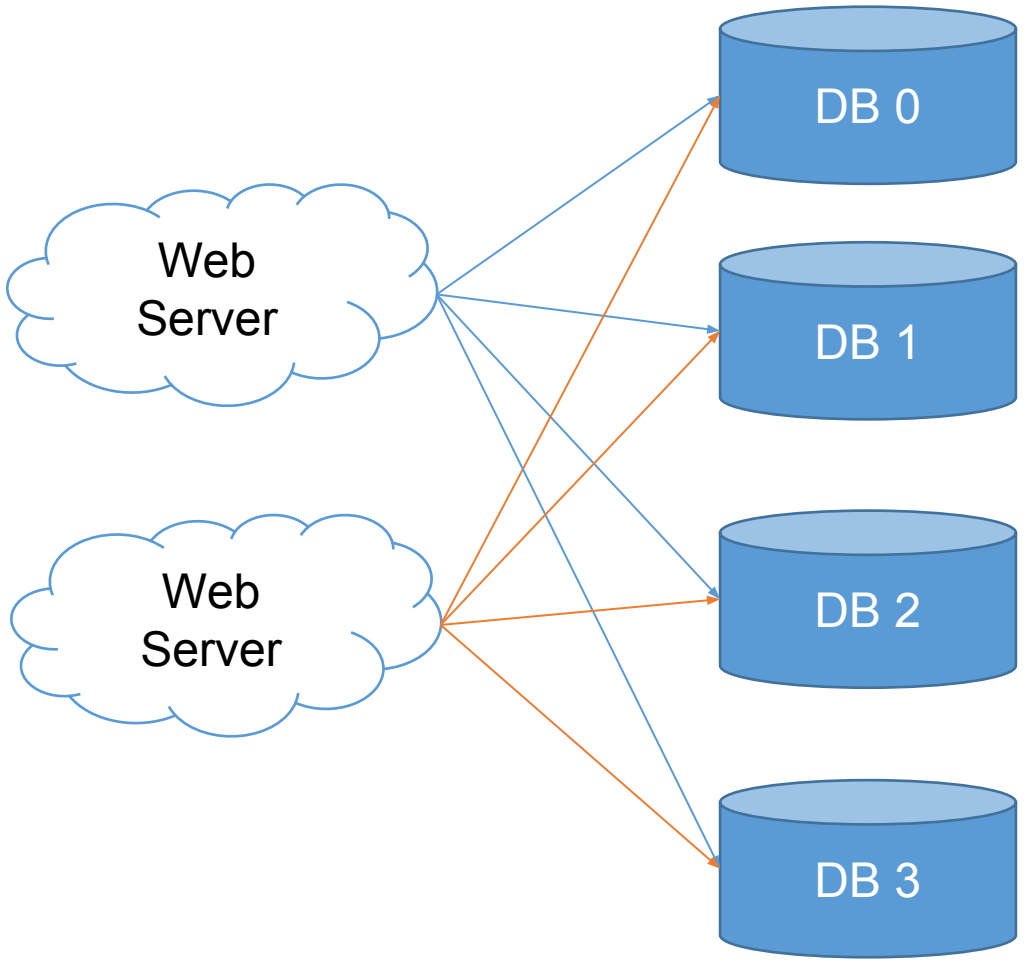
* Interviewer: How to scale?

假如我们一开始估算错了，一台MySQL搞不定了

Scale —— 如何扩展？

- 什么时候需要多台数据库服务器？
  - Cache 资源不够
  - 写操作越来越多
  - 越来越多的请求无法通过 Cache 满足
- 增加多台数据库服务器可以优化什么？
  - 解决“存不下”的问题 —— Storage的角度
  - 解决“忙不过”的问题 —— QPS的角度
  - Tiny URL 主要是什么问题？

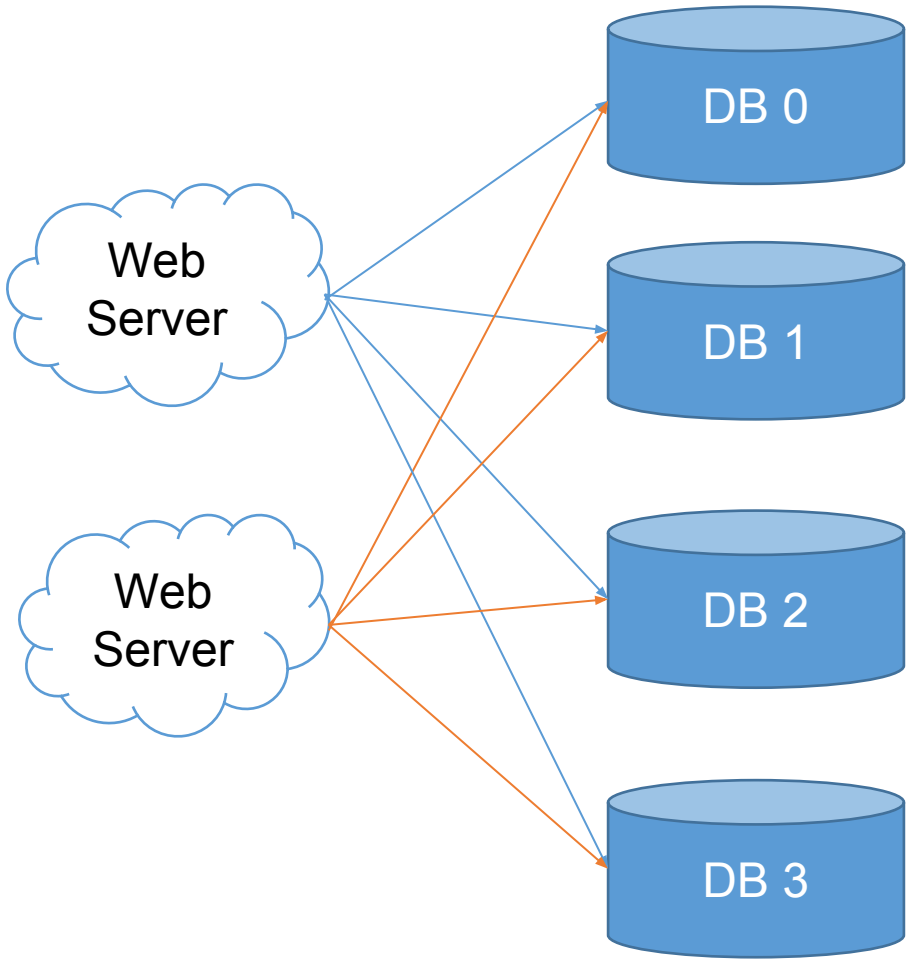
如何将数据分配到多台机器？



Scale —— 如何扩展？

- Vertical Sharding —— 将多张数据表分别分配给多台机器
  - Tiny URL 并不适用，只有两个 column 无法再拆分
- Horizontal Sharding
  - 如果用 ID / ShortUrl 做Sharding Key
    - 做 long to short 查询的时候，只能广播给 N 台数据库查询
    - 为什么会需要查 long to short？创建的时候避免重复创建
    - 如果不需要避免重复创建，则这样可行
  - 如果用 Long Url 做Sharding Key
    - 做 short to long 查询的时候，只能广播给 N 台数据库查询

用什么做 Sharding Key?



选 Sharding Key

- 如果一个 Long 可以对应多个 Short：
  - 使用 Cache 缓存所有的 Long to Short
  - 在为一个 Long Url 创建 Short Url 的时候，如果 cache miss 则去直接创建新的 short url 即可
- 如果一个 Long 只能对应一个 Short：
  - 如果使用随机生成 Short Url 的算法
    - 两张表单，一张存储 Long to Short，一张存储 Short to Long
    - 每个映射关系存两份，则可以同时支持 long to short 和 short to long 的查询
  - 如果使用 base62 的进制转换法
    - 这里有一个很严重的问题是，多台机器之间如何维护一个全局自增的 ID？
    - 一般关系型数据库只支持在一台机器上实现这台机器上全局自增的 ID

卧槽，那到底怎么做？

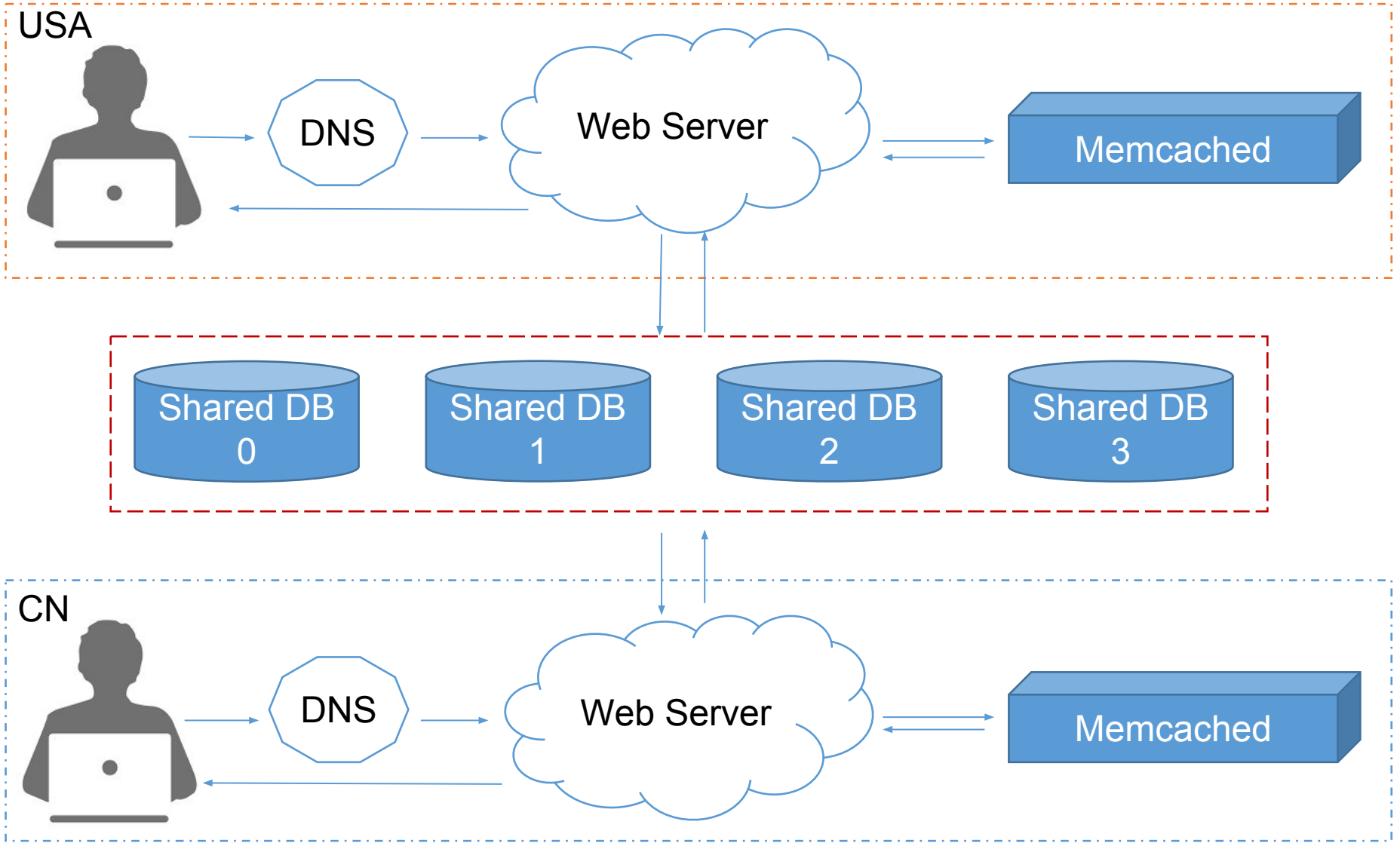
Scale —— 全局自增ID

- 如何获得在N台服务器中全局共享的一个自增ID是一个难点
- 一种解决办法是，专门用一台数据库来做自增ID服务
  - 该数据库不存储真实数据，也不负责其他查询
  - 为了避免单点失效(Single Point Failure) 可能需要多台数据库
- 另外一种解决办法是用 Zookeeper
  - 但是使用全局自增ID的方法并不是解决 Tiny URL 的最佳方法
  - 有兴趣的同学可以阅读一下拓展资料：http://bit.ly/1RCyPsy

基于 base62 的方法下的 Sharding key 策略

- 使用 Hash(long_url) % 62 作为 Sharding key
- 并将 Hash(long_url) % 62 直接放到 short url 里
- 如果原来的 short key 是 AB1234 的话，现在的 short key 是
  - hash(long_url) % 62 + AB1234
  - 如果 hash(long_url) % 62 = 0 那就是 0AB1234
- 这样我们就可以同时通过 short_url 和 long_url 得到 Sharding Key
- 缺点：数据库的机器数目不能超过 62

Scale —— 目前的架构

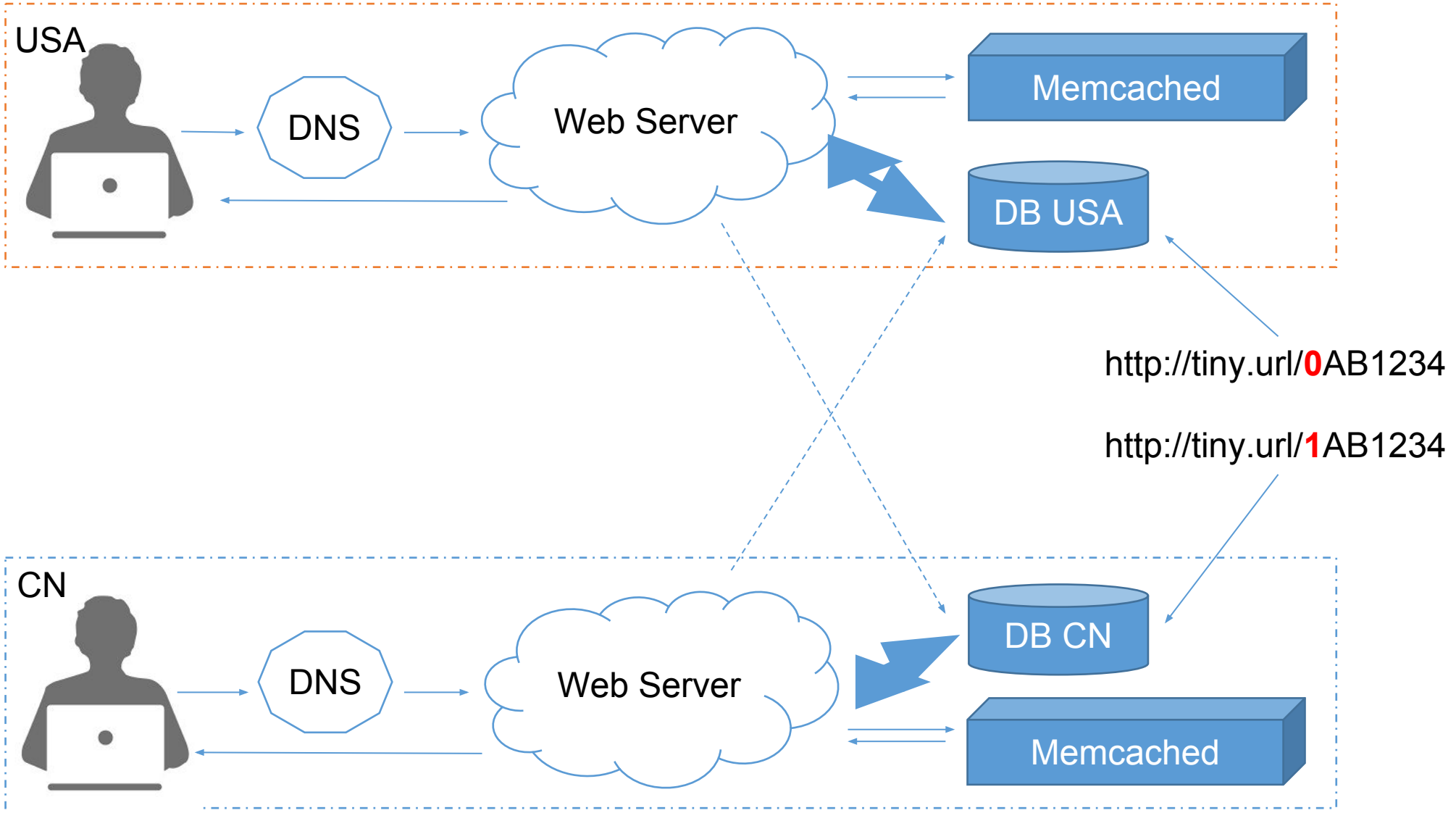


* Interviewer: 还有可以优化的么？

Scale —— Multi Region 的进一步优化

- 上图的架构中，还存在优化空间的地方是 ——
  - 网站服务器 (Web Server) 与 数据库服务器 (Database) 之间的通信
  - 中心化的服务器集群（Centralized DB set）与 跨地域的 Web Server 之间通信较慢
    - 比如中国的服务器需要访问美国的数据库
- 那么何不让中国的服务器访问中国的数据库？
  - 如果数据是重复写到中国的数据库，那么如何解决一致性问题？
    - 很难解决
- 想一想用户习惯
  - 中国的用户访问时，会被DNS分配中国的服务器
  - 中国的用户访问的网站一般都是中国的网站
  - 所以我们可以按照网站的**地域信息**进行 Sharding
    - 如何获得网站的地域信息？只需要将用户比较常访问的网站弄一张表就好了
  - 中国的用户访问美国的网站怎么办？
    - 那就让中国的服务器访问美国的数据好了，反正也不会慢多少
    - 中国访问中国是主流需求，优化系统就是要优化主要的需求

Scale —— 最终的架构



重要的事情说N遍

系统设计没有标准答案，言之有理即可

设计一个可行解比抛出Fancy的概念更有用

课后作业

编程题：

www.lintcode.com/problem/tiny-url

www.lintcode.com/problem/tiny-url-ii

附录:扩展阅读

- Tiny URL 相关（只作为参考，有一些答案并不完全正确，以课堂讲述内容为准）
  - 知乎 http://bit.ly/22FHP5o
  - The System Design Process http://bit.ly/1B6HOEc
- 用Django搭建一个网站 http://bit.ly/21LApIb
  - 选做:搭建一个tiny url的网站

Linkmoji —— emoji url

- http://www.xn--vi8hiv.ws