

《面向对象设计与构造》

Lec07-并发场景的分析与设计

OO2024课程组

北京航空航天大学计算机学院

提纲

- 面向对象分析
- 系统性设计
- 线程管理问题
- SOLID设计原则
- 作业解析

软件开发阶段划分

- 软件开发经历的核心阶段
 - 分析阶段：理解用户需求，识别关键业务场景和数据
 - 设计阶段：建立可扩展的架构，确定核心类及其关系，设计核心算法
 - 实现阶段：使用具体语言实现程序，尽可能使用可重用的库资源，确保代码的简洁和易理解至关重要
 - 测试阶段：**尽可能早**的开展自动化测试（分析→设计→实现），代码变动触发回归测试，确保软件质量的稳定性
 - 单元测试：以类为单位开展测试，覆盖所有的分支和语句
 - 集成测试：针对类协同开展测试，覆盖所有的类之间方法调用和对象层次结构特征
 - 黑盒测试：基于需求开展测试，关注功能、鲁棒性和性能等，覆盖所有的功能和输入数据结构特征

面向对象不只是编程实现

- 面向对象首先源自于仿真领域的程序设计
 - Simula、Smalltalk
- 也是一套适用于整个系统开发周期的方法学
 - 对象化是人们认识和理解世界的基本思维
 - UML是这套方法学的集大成者
 - 不同阶段的关注点有差异
- 由编程实现技巧上升到方法学
- 需要注意：学术界对面向对象方法学仍然存在争议
 - 理性对待

面向对象思维

- 面向对象思维(object-oriented thinking)是以对象为视角的思维
 - 有哪些对象?
 - 对象做什么?
 - 对象之间有什么连接/关系?
- 在不同阶段的面向对象思维
 - 分析阶段：理解和识别需求中的“对象”
 - 设计阶段：构造“对象”来实现需求
 - 实现阶段：使用程序语言来实现“对象”
 - 测试阶段：逐个检查“对象”的功能和性能，然后对“对象集成”进行测试

面向对象之“分析思维”

- 对象化思维来理解软件需求
 - 识别类-----数据项、控制操作、设备...
 - 识别类的职责-----**管理数据、控制策略、输入输出**
 - 基于类来分析软件功能-----功能场景表达为多个类的协同流程
- 需求一般都是从**用户视角**来规定软件的功能和性能
 - 输入、输出、业务流程
 - 运行平台
 - 业务数据
- 作业指导书相当于软件需求
 - 实际上比一般的软件需求要细致，给出了具体约束条件和设计提示

面向对象之“分析思维”

• 案例分析

- 新闻类、博客类网站每天会以不确定的频率发布新的消息
- 用户难以知道什么时候有信息更新
- 不能要求用户使用浏览器刷新网站页面来获得信息更新
- 开发一个网站内容更新订阅系统，功能要求如下：
 - 能够根据用户需要订阅一个网站的内容更新
 - 能够自动获得网站内容的更新，包括主题、日期和信息摘要
 - 能够自适应网站内容更新的频度
 - 能够对更新的主题、日期、信息摘要进行有效管理
 - 能够对内容更新进行全文搜索
 - 能够把来自不同网站的相同更新进行合并

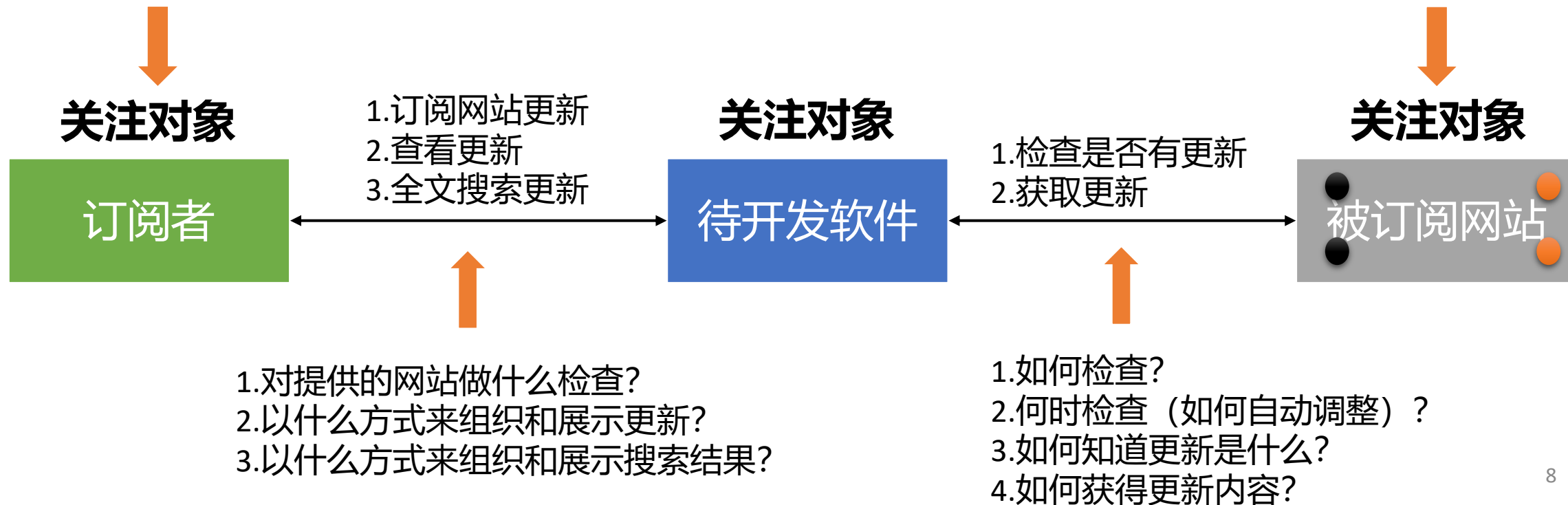


面向对象之“分析思维”

- 1.交互关系分析：待开发的**软件与用户**、**外部环境**有哪些交互？

- 1.是否区分该对象实例？
- 2.该对象有哪些感兴趣的数据？

- 1.是否区分该对象实例？
- 2.该对象有哪些感兴趣的数据？

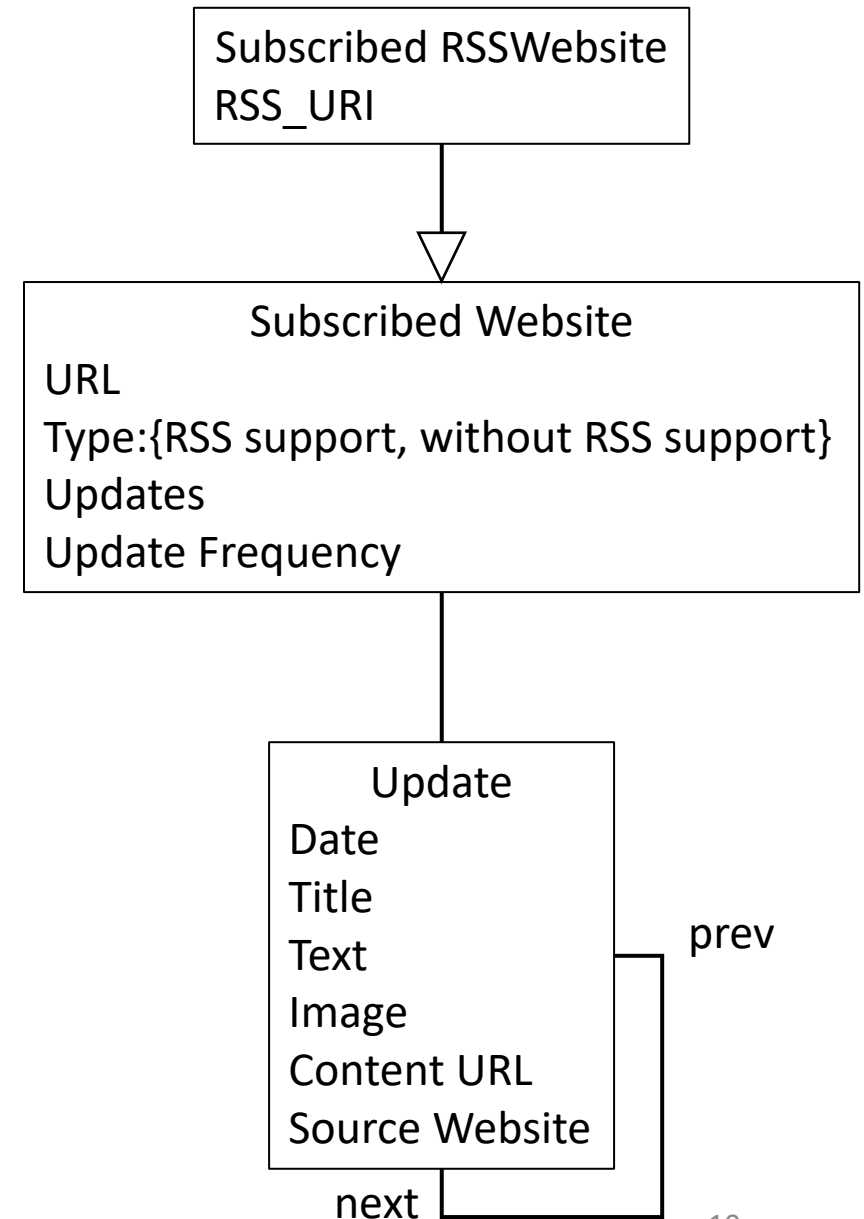


面向对象之“分析思维”

- 通过这种对象分析，确定了待开发软件的边界、对象之间的交互关系、对象交互的特征
 - 订阅者交互的**数据特征**：提供待订阅网站、提供更新搜索词
 - 订阅者交互的**并发特征**：是否有多用户并发交互？并发的用户交互有哪些共享数据？
 - 订阅者交互的**时间特征**：不同类别用户的交互频度？交互持续时间？
 - 被订阅网站交互的**数据特征**：网页内容、更新列表文件、网页层次结构
 - 被订阅网站交互的**并发特征**：是否与多个网站并发交互？并发交互有哪些共享数据？
 - 被订阅网站交互的**时间特征**：不同网站的更新频度、通信速度
- 在分析过程中理解和细化了软件需求，并识别出潜在的问题
 - 如何找到网页中有更新？
 - 有更新列表文件的情况：按照更新列表来识别和提取更新
 - 无更新列表文件的情况：按照给定的页面来识别和提取更新

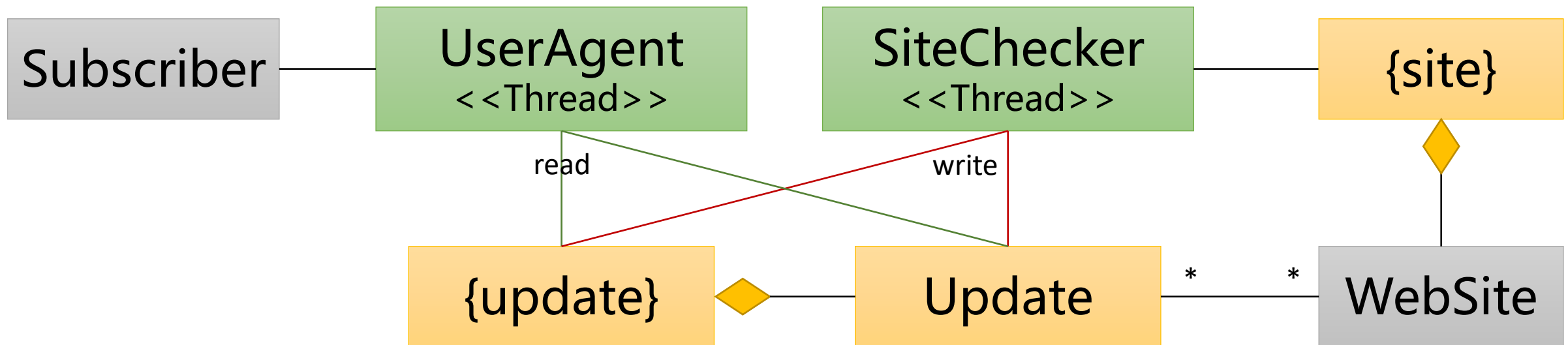
面向对象之“分析思维”

- 2.进入“待开发系统”进行分析
 - 运行平台：单机/Web服务器？ ←与外部对象的**交互并发特征**
 - 管理哪些数据：被订阅网站、网站内容更新
 - 对数据的管理手段
 - 维护订阅网站列表、管理更新
 - 管理订阅网站与更新之间的关系
 - 维护订阅网站的更新检查频度
 - 检查订阅网站是否有更新
 - 提取订阅网站的更新
 - 检查不同订阅网站的更新是否相同



面向对象之“分析思维”

- 2.进入“待开发系统” 进行分析
 - 识别并发主体：使用并发技术来处理并发主体的交互
 - 并发特征带来的数据管理针对性（共享数据）



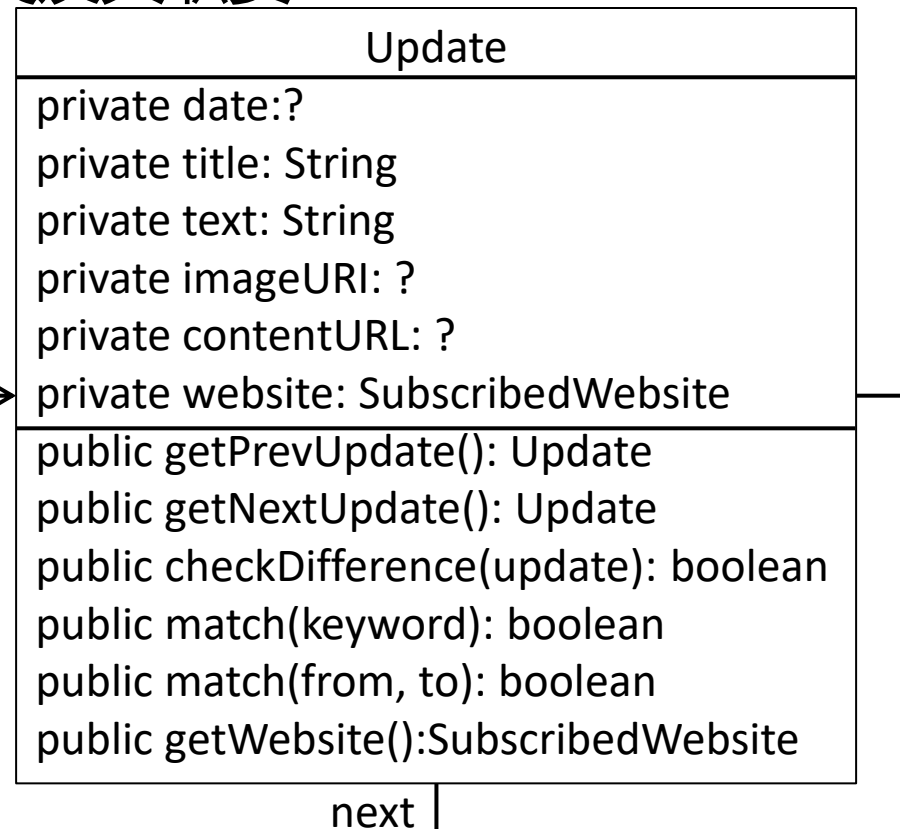
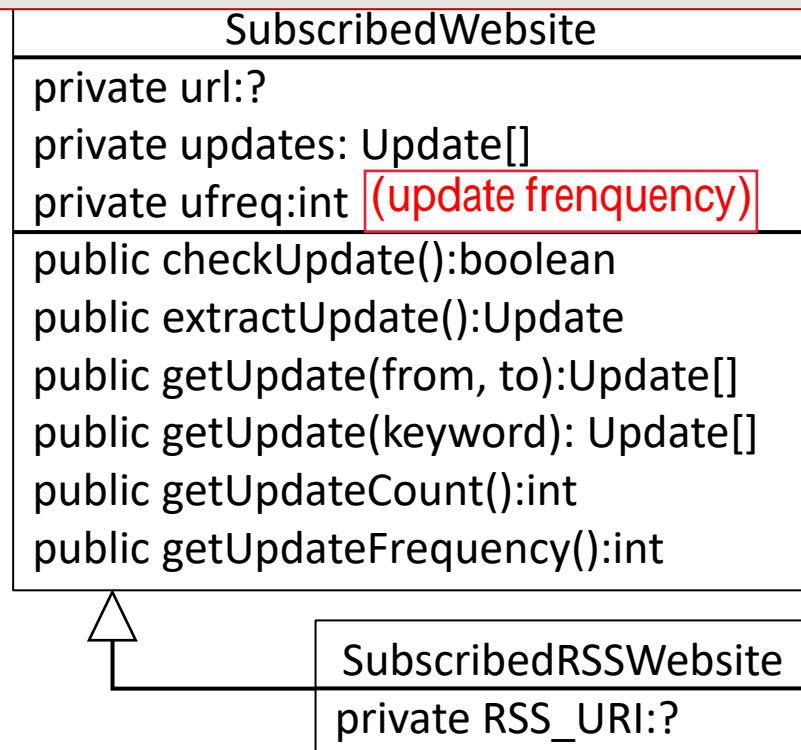
Update : 共享数据

面向对象之“分析思维”

检查是不是所有的需求都能够得到满足(如何满足是设计问题)

- 能够根据用户需要**订阅一个网站内容更新**
- 能够**自适应**网站内容更新的频度
- 能够**获得网站内容的更新**
- 能够**管理更新**的主题、日期、信息摘要
- 能够对内容更新进行**全文搜索**
- 能够把来自不同网站的相同更新**进行合并**

分析
形成类及其职责



思考题

- 云端文档协同编辑现在是很多办公系统的标配功能
- 请按照前面所介绍的策略来分析云端文档协同编辑涉及的交互关系、交互的数据特征、并发特征和时间特征



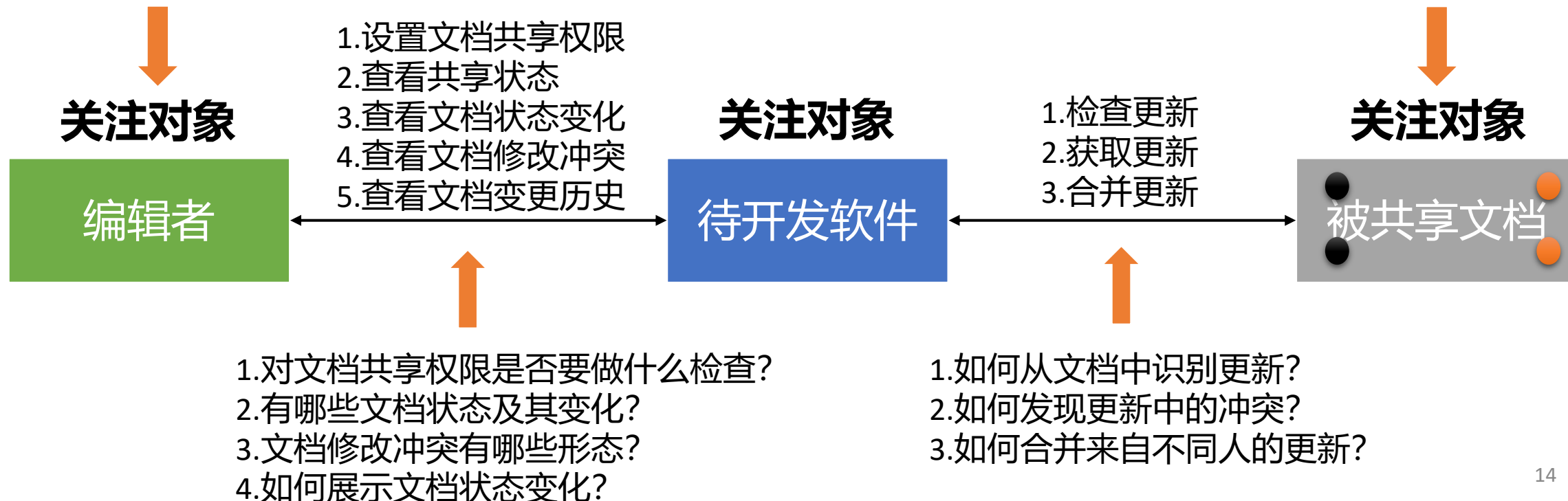
面向对象之“分析思维”

- 1.交互关系分析：待开发的软件与用户、外部环境有哪些交互？

- 1.是否区分该对象实例？
- 2.该对象有哪些感兴趣的数据？

编辑者会写入文档——冲突

- 1.是否区分该对象实例？
- 2.该对象有哪些感兴趣的数据？



系统性的设计考虑

- **系统性**：全面梳理主要因素，形成完整和闭合的逻辑体
 - 核心功能、核心性能、扩展性
- 我们关注
 - 并发结构的识别和设计
 - 并发场景的识别与设计
 - 数据管理的分类设计
 - 类方法职责的简化
 - 类之间的协同
 - 空间与时间的平衡

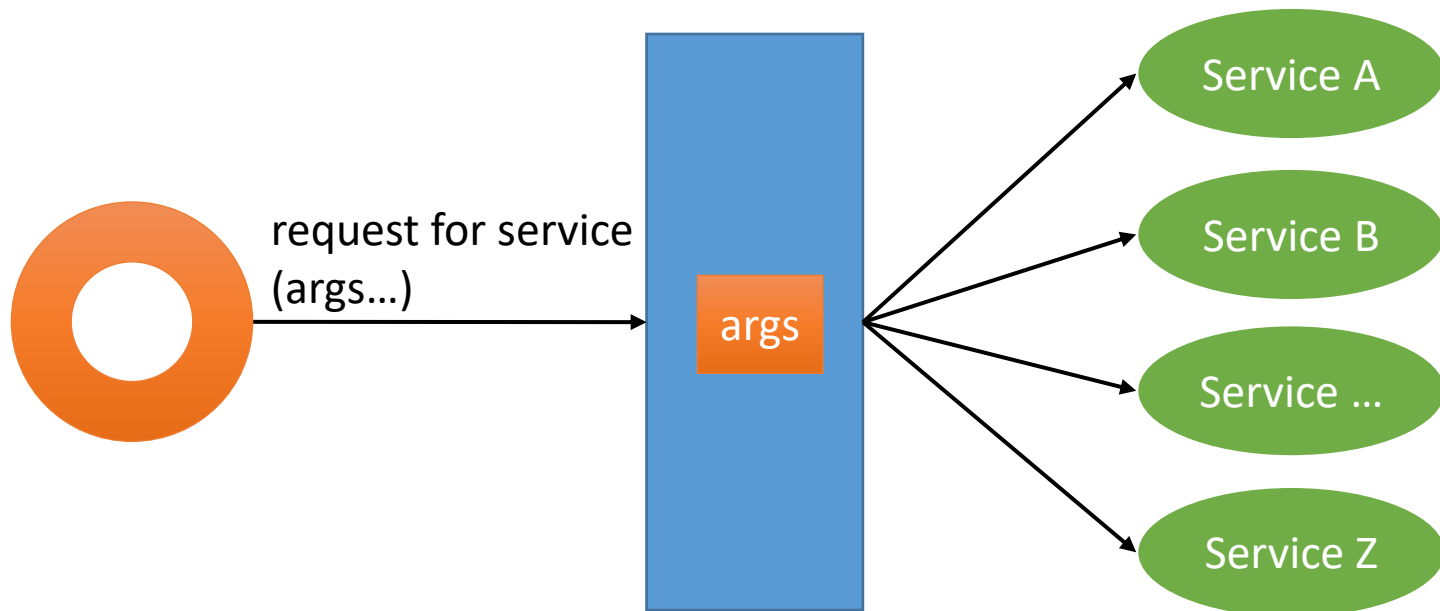
并发结构的识别与设计

- 识别并发行为
 - 与外部多个对象进行相对独立的并发交互
 - 按照交互对象提供的**交互机制**进行分类
 - 如HTTP机制、Streaming机制
 - 按照交互对象提供的**交互内容**进行分类
 - 如RSS支持网站和无RSS支持网页, RSSWebSiteChecker、WebPageChecker
 - 要处理的数据有显著的**重复模式**
 - Web系统的**日志处理**: 日志记录着用户访问Web系统的行为、出现的问题、系统响应时间, 具有层次结构
 - 多个专门提取特定信息的线程, 分别提取信息
 - 扫描一个大规模的文本文件看是否出现某个关键词
 - 多个线程来分段加载和并发扫描

并发结构的识别与设计

- 识别并发行为

- 设想一个软件持续监听某网络端口以获得一种特定请求 “request for service”，根据服务参数的不同，该软件需要进行不同的处理。

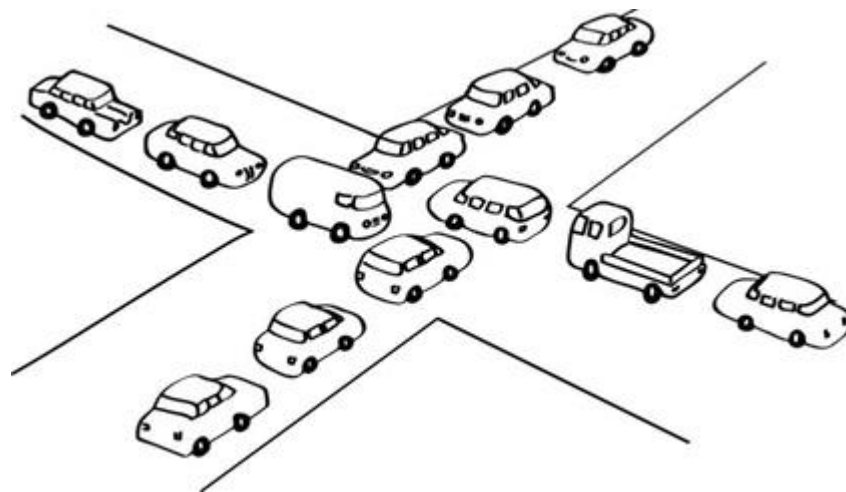


需要设计几类线程来构造这个软件？

Listener - Dispatcher - Service 范式

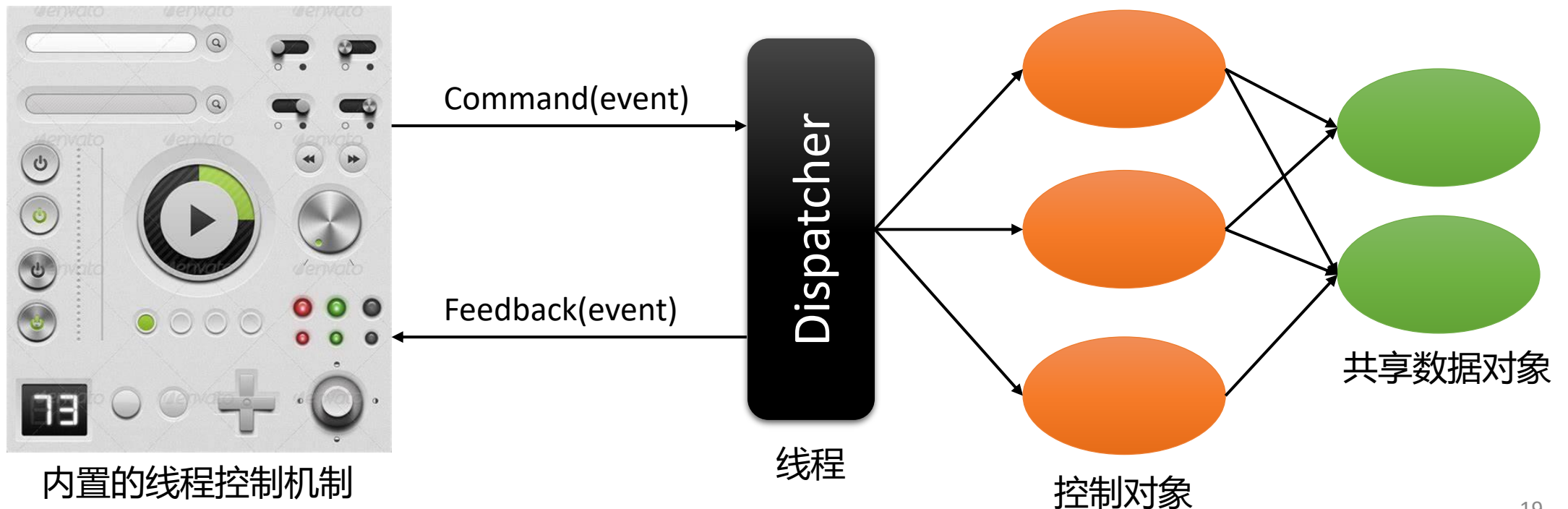
并发场景的识别与设计

- 三类并发行为场景
 - 人机交互的并发
 - 多client请求处理的并发
 - workflow处理的并发



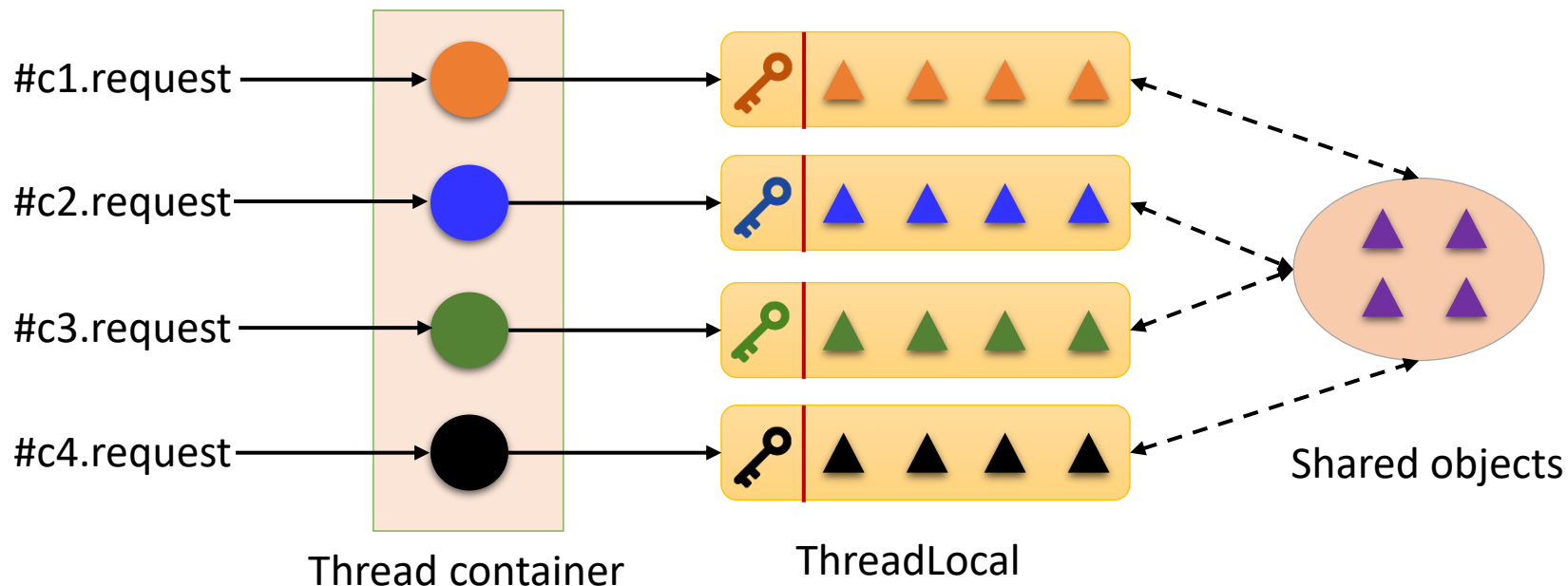
人机交互中的并发识别与设计

- Event dispatch
 - 确保界面响应的即时性，随时可以发出command，且在感兴趣的数据对象状态发生变化时即时在GUI上观察到相应的feedback



多Client请求处理的并发识别与设计

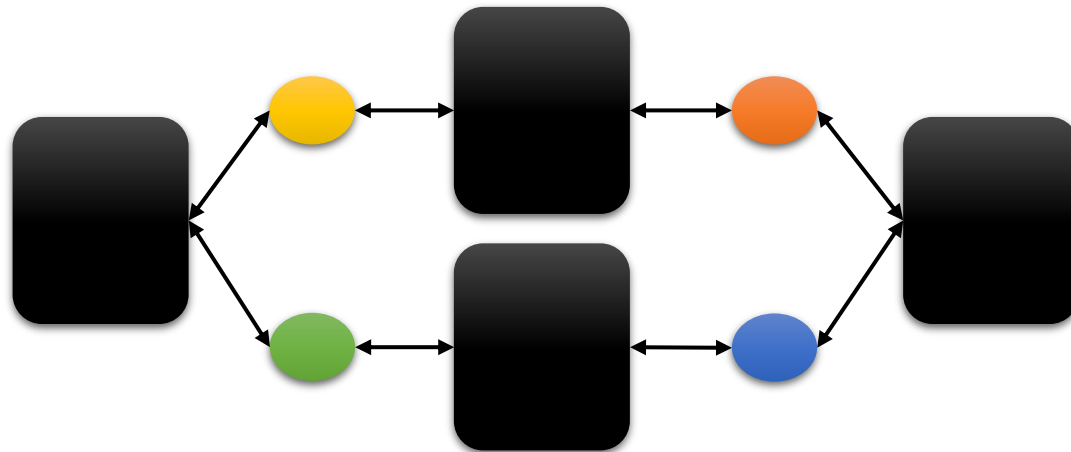
- 按照client来隔离请求的处理
 - 每个client请求的发出时机不同
 - 每个client请求涉及的数据可能具有privacy要求
 - **隔离式处理**可提高系统的吞吐率、可靠性和安全性(security)



ThreadLocal是JDK提供的一个类，用于隔离线程对数据的访问，即只能被特定线程对象访问。

workflow处理的并发识别与设计

- workflow Work flow
 - 多个任务之间相对独立，但在特定数据上形成依赖关系
 - 整体具有Pipeline特征
- 隔离生产者和消费者
 - 通过共享数据访问控制来隔离依赖关系
 - 复杂的并发处理场景，容易出现安全问题和轮询问题

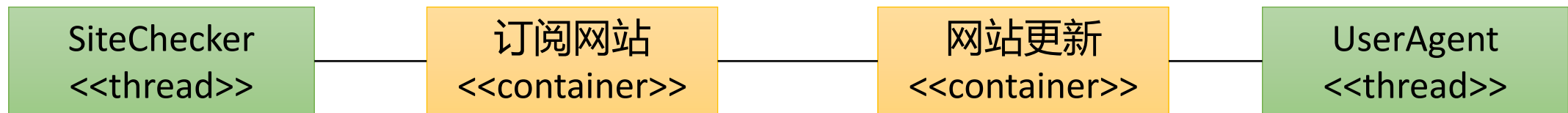


流水线结构的动态可配置性

- 流水线架构有很多应用场景
- 可配置是其优点 **Controller / Scheduler / Dispatcher**
 - 待处理的Request以静态方式给出了其处理工序要求
 - **Controller**据此来动态建立worker之间的**流水协作**关系
 - 一个worker处理完请求之后，通过controller “转交给” 下一个worker
- Request的处理工序要求甚至可以动态变化
 - 场景：让一部有紧急任务的车辆尽可能快的从A地点行驶到B地点
 - 要求对整个道路交通的干扰最小化
 - 解决方案：根据交通流和该车辆的道路选择动态调度交通信号灯
 - 路线上的信号灯系统（线程）之间形成**流水协作**关系

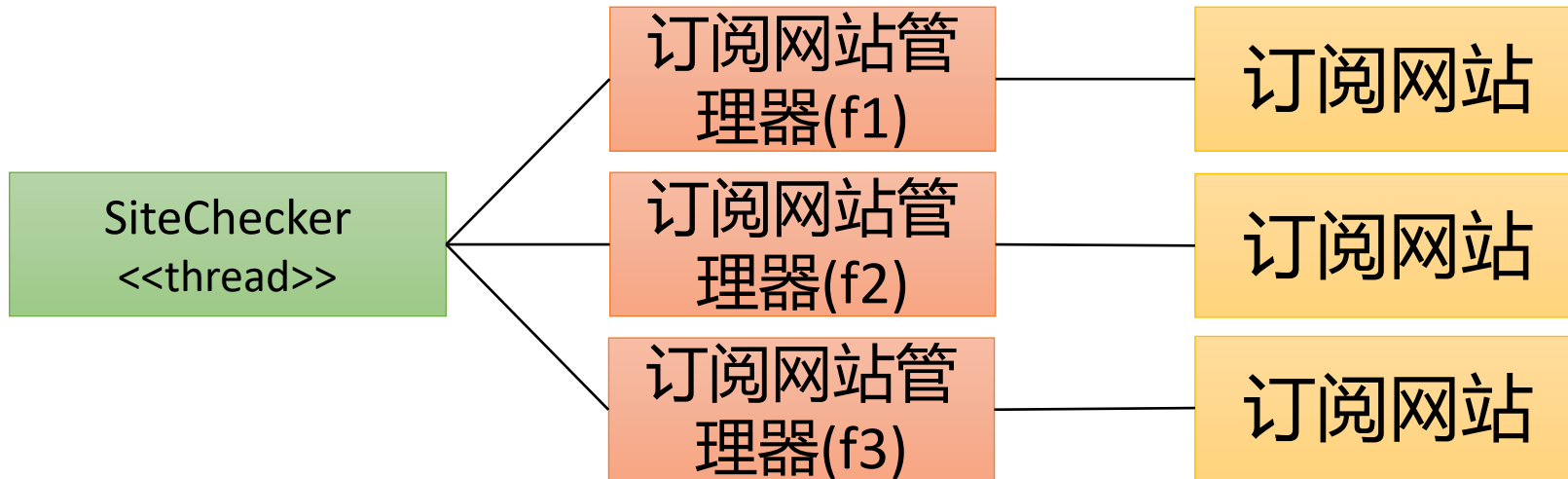
数据管理的分类设计

- 数据管理是一个基础功能，频繁访问，需要考虑性能因素
 - 并不是简单做一个容器就能满足功能和性能要求的问题
 - 网站内容更新订阅系统中，如何管理用户订阅的网站与更新？

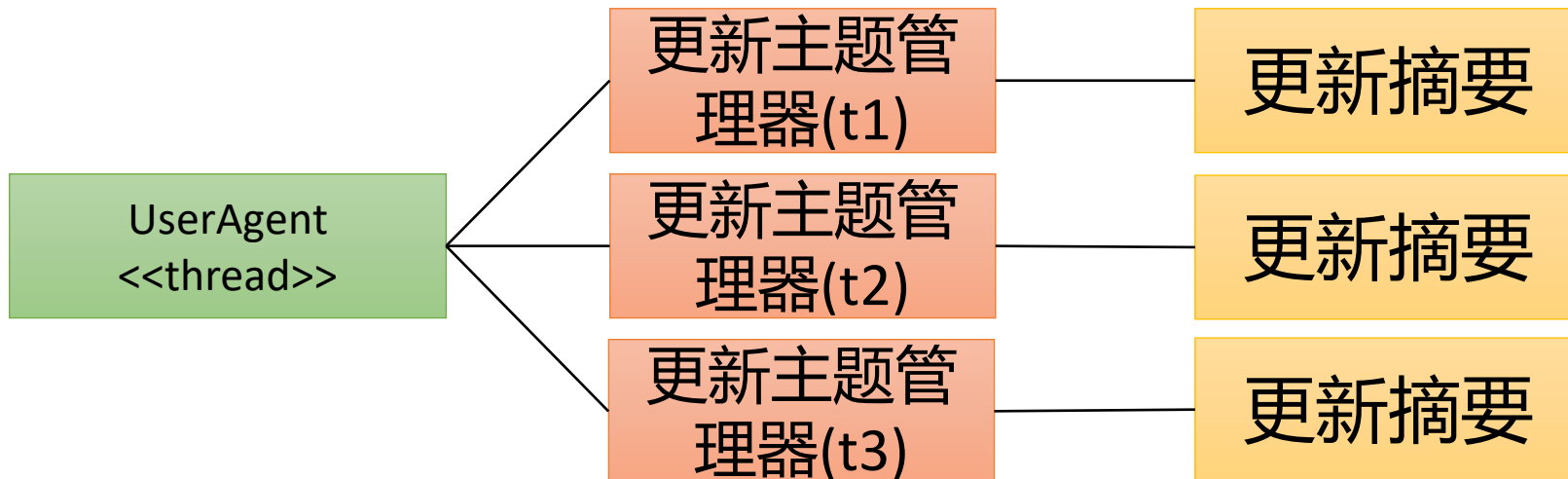


如何**及时**对订阅网站进行内容更新检查？
如何让用户**关心**的更新得到更高关注度？

数据管理的分类设计



按照实际**更新频率**来
分类管理订阅网站



按照用户**兴趣主题**来
分类管理更新摘要

类方法职责的简化

- 类中每个方法都要完成一个完整的功能，赋予一定的职责
 - 保持每个方法只做一件事情
 - 方法间可以有调用
- 不能混淆功能的执行时机和功能的实现场所
 - SubscribedWebsite中谁负责更新网站检查频率？
 - 方案A：单独增加一个方法updateFrequency(int freq)
 - 方案B：在checkUpdate中来更新频率
 - 方案C：在extractUpdate中来更新频率

SubscribedWebsite
private url:? private updates: Update[] private ufreq:int
public checkUpdate():boolean public extractUpdate():Update public getUpdate(from, to):Update[] public getUpdate(keyword): Update[] public getUpdateCount():int public getUpdateFrequency():int

类方法职责的简化

- 建议采用方案B：在checkUpdate中来更新频率
 - 首先SubscribedWebsite的管理已经按照其更新频率进行了分类
 - checkUpdate的执行具有简单的**周期性**
 - 如果连续**三次**发现未更新，则调整更新频率，同时把相应对象调整到别的管理类别中
 - 即简化了方法职责，又保证了效率，同时减少了反复检查导致的CPU浪费
 - 如果连续三次发现都已经更新了呢？
- 从方法职责单一性角度，把频率计算和更新单独设计成一个私有方法，被checkUpdate调用
 - checkUpdate在siteChecker线程中被调用

Gmail大致就是按照这个思路来动态调整对POP3邮箱新邮件的检查

SubscribedWebsite
private url:? private updates: Update[] private lastNhits: int private ufreq:int
public checkUpdate():boolean public extractUpdate():Update public getUpdate(from, to):Update[] public getUpdate(keyword): Update[] public getUpdateCount():int public getUpdateFrequency():int private calcFrequency():int

空间与时间的平衡

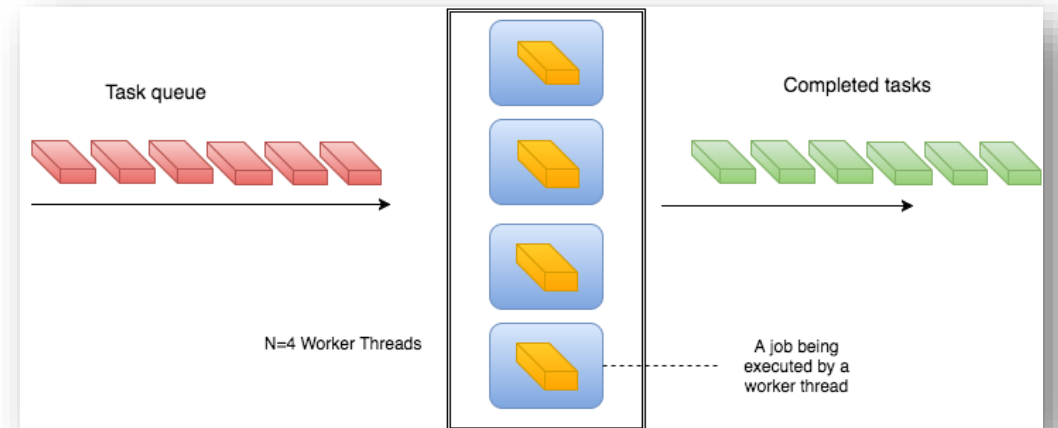
- 空间与时间矛盾是设计中的经典问题
 - 平衡考虑
- 当系统功能逐渐增多之后，需要重构优化
 - 网站内容会发生变化，结构也会发生变化
 - 非RSS网站的内容更新检测手段是网页快照对比→
带来什么问题？
- **缓存历史状态**进行加速处理
 - 建立快速的结构差异检测方法
 - 几乎所有的服务器设计都会使用cache机制

SubscribedRSSWebsite
private RSS_URI:? private cachedSitePage: String

SubscribedWebsite
private url:? private updates: Update[] private lastNhits: int private ufreq:int private cachedSiteMap: Map
public checkUpdate():boolean public extractUpdate():Update public getUpdate(from, to):Update[] public getUpdate(keyword):Update[] public getUpdateCount():int public getUpdateFrequency():int private calcFrequency():int

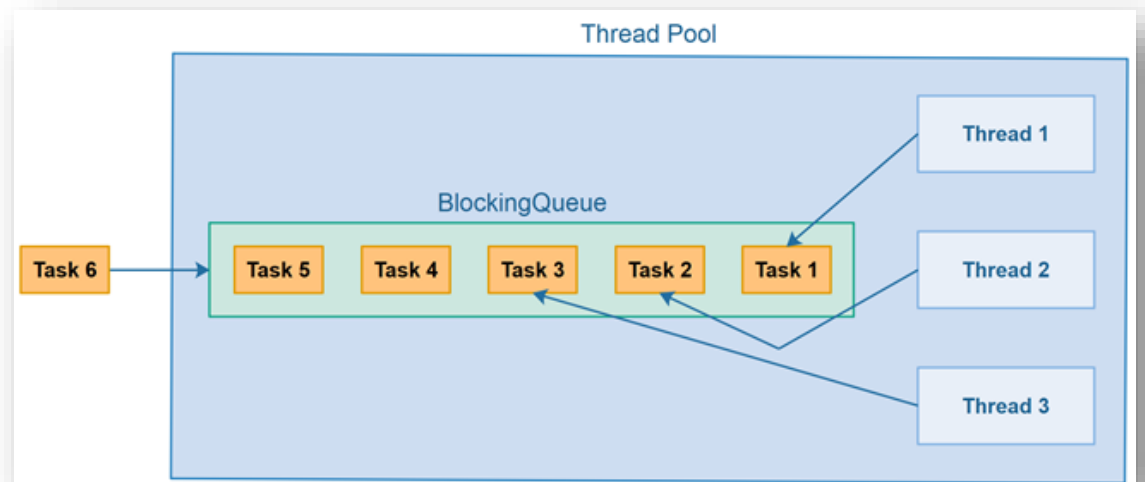
线程管理问题

- 并发任务/请求数量较少的情况
 - 任务到达时创建线程，处理完成则线程生命期结束
- 高并发应用往往会有很多任务并发到达，需要集中创建数量较多的线程，资源消耗较大
 - 线程对象重用
 - 线程数量进行控制，确保系统的稳定性
 - 线程池(ThreadPool) 模式
 - 每个线程都是一个产线工人
 - 线程池把到达任务分配给空闲工人



ThreadPool模式 任务和线程解耦

- ThreadPool内部管理两大核心对象
 - `LinkedBlockingQueue`：用于管理到达的任务Task
 - `Thread`对象：用于消耗到达的任务
 - 在queue的访问上进行同步控制
- 任务是什么？
 - 实现**`Runnable`**接口的对象
 - 封装好要执行的动作和用到的对象
 - 任务间尽可能不要有共享对象
- ThreadPool提供的接口
 - `execute(task)`：把task加入队列



阻塞队列过长时会有性能问题，且容易写出 bug 导致死锁。
Condition 可以用于建立多个阻塞队列
——建立线程间的不同同步关系。

ThreadPool模式

- Java的Executors是个线程池工厂
 - ThreadPoolExecutor类
 - FixedThreadPool:线程数量固定
 - CachedThreadPool:线程数量不固定
 - ScheduledThreadPoolExecutor类
 - ScheduledThreadPool:可周期循环执行的线程池
- ThreadPoolExecutor类功能丰富
 - execute(Runnable command)
 - remove(Runnable task)
 - shutdown()
- 可以灵活扩展ThreadPoolExecutor
 - 可暂停的线程池

```
public class PausableThreadPoolExecutor extends ThreadPoolExecutor {
    private boolean isPaused;
    private ReentrantLock pauseLock = new ReentrantLock();
    private Condition unpaused = pauseLock.newCondition();
    public PausableThreadPoolExecutor(...) { super(...); }
    protected void beforeExecute(Thread t, Runnable r) {
        super.beforeExecute(t, r);
        pauseLock.lock();
        try {
            while (isPaused) unpaused.await();
        } catch (InterruptedException ie) {
            t.interrupt();
        } finally {
            pauseLock.unlock();
        }
    }
    public void pause() {
        pauseLock.lock();
        try {
            isPaused = true;
        } finally {
            pauseLock.unlock();
        }
    }
    public void resume() {
        pauseLock.lock();
        try {
            isPaused = false;
            unpaused.signalAll();
        } finally {
            pauseLock.unlock();
        }
    }
}
```

设计原则是对架构的整体要求

设计模式：用以解决特定（具有普遍性）问题的一种方案，如对象构造工厂、职责代理等

体系结构：软件模块被组织/集成为系统的结构，如MVC， Pipeline

设计原则：关于架构的整体要求和约束，通过满足设计原则来获得好的设计质量

- 经典的5个设计原则(SOLID)
 - SRP、 OCP、 LSP、 ISP、 DIP

SOLID之SRP

- Single Responsibility Principle
 - 每个类或方法都只有一个明确的职责
- 类所管理的数据首先应“聚焦”
 - 类职责：使用(多个)方法，从多个方面来综合维护对象所管理的数据
 - 方法职责：从某个特定方面来维护对象的状态（更新、查询）

```
public class Elevator{  
    //fields such as floor, status, ...  
    public void move(int dest_floor){  
        //让电梯运动到目标楼层  
    }  
    public void Scan4TakingRequest (Queue q)  
    {  
        //扫描请求队列来寻找可以捎带的请求  
    }  
}
```

Elevator 依赖于 Queue
——应该用 Scheduler 解耦

类/方法职责多，就意味着逻辑难以封闭，容易受到外部因素变化而变化，导致类/方法不稳定。

SOLID之OCP

对修改关闭，对扩展开放。

Open/closed principle. In object-oriented programming, the **open/closed principle** states "software entities (classes, modules, functions, etc.) should be **open** for extension, but **closed** for modification"; that is, such an entity can allow its behaviour to be extended without modifying its source code.

Open/closed principle - Wikipedia
https://en.wikipedia.org/wiki/Open/closed_principle

Bertrand Meyer



- Open Close Principle
 - 无需修改已有实现(close)，而是通过扩展来增加新功能(open)
- 当扩展电梯系统支持多部电梯的调度时
 - 改写Scheduler：既处理单个电梯，也处理电梯间的调度
 - 扩展Scheduler：原来的scheduler适用于单部电梯（维护电梯局部队列），扩展出更上层的scheduler，维护全局队列
- 继承是达成OCP的重要手段
 - 重用获得父类的职责和能力，close
 - 添加新的数据和方法，open
 - 重写父类的方法，open

需注意：保持好子类和父类之间的交互关系

SOLID之LSP

- Liskov Substitution Principle

- 任何父类出现的地方都可以使用子类来代替，并不会导致使用相应类的程序出现错误。
 - `BaseClass b = new BaseClass(...)` → `BaseClass b = new DerivedClass(...)`
- 子类虽然继承了父类的属性和方法，但往往会增加一些属性和方法，可能会破坏父类的相关约束
- 例：Queue和SortedQueue类
 - Queue类提供了一个`getLastInElement()`方法，即返回最近一次入队列的元素，其实是返回队列尾部的元素
 - SortedQueue类则对队列中的元素进行排序，每次有新元素加入队列时，按照元素之间的大小关系插入到特定的位置
 - 此时调用SortedQueue的`getLastInElement`会怎么样？如何解决这个问题？

子类重写 `getLastInElement` 方法，缓存其值。

——将最后进入队列的元素与其存储位置的默认逻辑关系解耦

SOLID之ISP

- 通过接口来建立行为抽象层次具有更好的灵活性
 - 当实现接口类时，必须要实现其中定义的所有操作，否则不能创建对象
- Interface Segregation Principle
 - 一个接口只封装一组高度内聚的操作
 - 避免封装多种可能/可选的方案
- 例：Payment是一个接口类，用来规范电子商务中的付款方式
 - 信用卡付款、储蓄卡付款、支付宝付款是三种并列的付款方式
 - 商户和用户可根据情况进行选择
- 假设Payment同时把这三类付款方式都纳入作为操作接口
 - 你在一个平台开店铺(应用)，必须要使用平台提供的Payment接口
 - 每个商品都要实现这三个接口
 - 有什么问题？如何解决？

最小化原则

SOLID之DIP

DIP: Dependency Inversion Principle 依赖倒置原则

```
public class CustomerManager
{
    FileLogger f; //thread safe logger
    CustomerBase customers; //thread safe container
    public void Insert(Customer c)
    {
        try{
            customers.add(c);
            f.logRecord(c.toString());
        }catch (Exception e){ f.LogError(e); }
    }
    ...
}

public class FileLogger
{
    ..file handler..
    public synchronized void LogError(Exception e){//Log Error in a physical file }
    public synchronized void LogRecord(String str){//Log Record in a physical file }
}
```



CustomerManager依赖于Filelogger,
即把信息记录到具体存储文件中



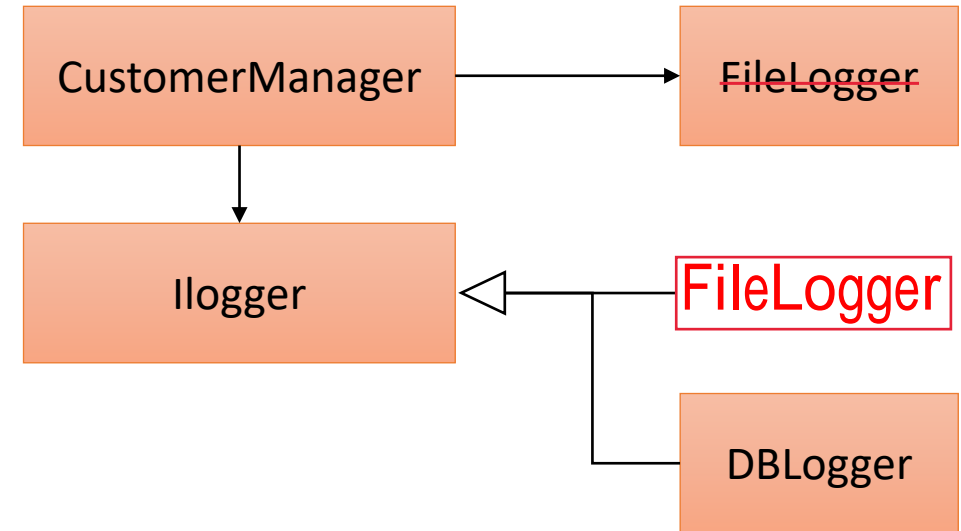
在数据库存储环境中想要重用
CustomerManager类, 怎么办?

SOLID之DIP

- A. High-level modules should not depend on low-level modules. Both should depend on abstractions.
- B. Abstractions should not depend on details. Details should depend on abstractions.

```
public class CustomerManager
{
    ...field attributes here...
    private ILogger mylogger;
    public CustomerManager(ILogger logger){mylogger = logger;}
    public void Insert(Customer c)
    {
        try{
            //Insert Logic
        }catch (Exception e){
            mylogger.LogError(e);
        }
    }
}
```

```
interface ILogger
{
    public synchronized void LogError(Exception e);
    public synchronized void LogRecord(String s);
}
public class FileLogger implements ILogger
{
    public synchronized void LogError(Exception e){}
    public synchronized void LogRecord(String s){}
}
public class DBLogger implements ILogger
{
    public synchronized void LogError(Exception e){}
    public synchronized void LogRecord(String s){}
}
```



作业

- 本次作业仍然关注多部电梯的调度控制
 - 新增双轿厢电梯
 - 新增相应的RESET和RECEIVE规则
- 换乘问题
 - 如何合理利用双轿厢电梯
- 调度器类是否需要扩展
 - 两层调度策略不变
 - 双轿厢电梯是否需要区分轿厢分别设置调度策略?

