

# Chapter 26 Architectures for the Cloud

# Cloud Computing - Definition

- **Cloud computing** is an information technology (IT) paradigm that enables **ubiquitous access** to shared **pools of system resources** and higher-level services that can be rapidly provisioned with minimal management effort, often **over the Internet**.

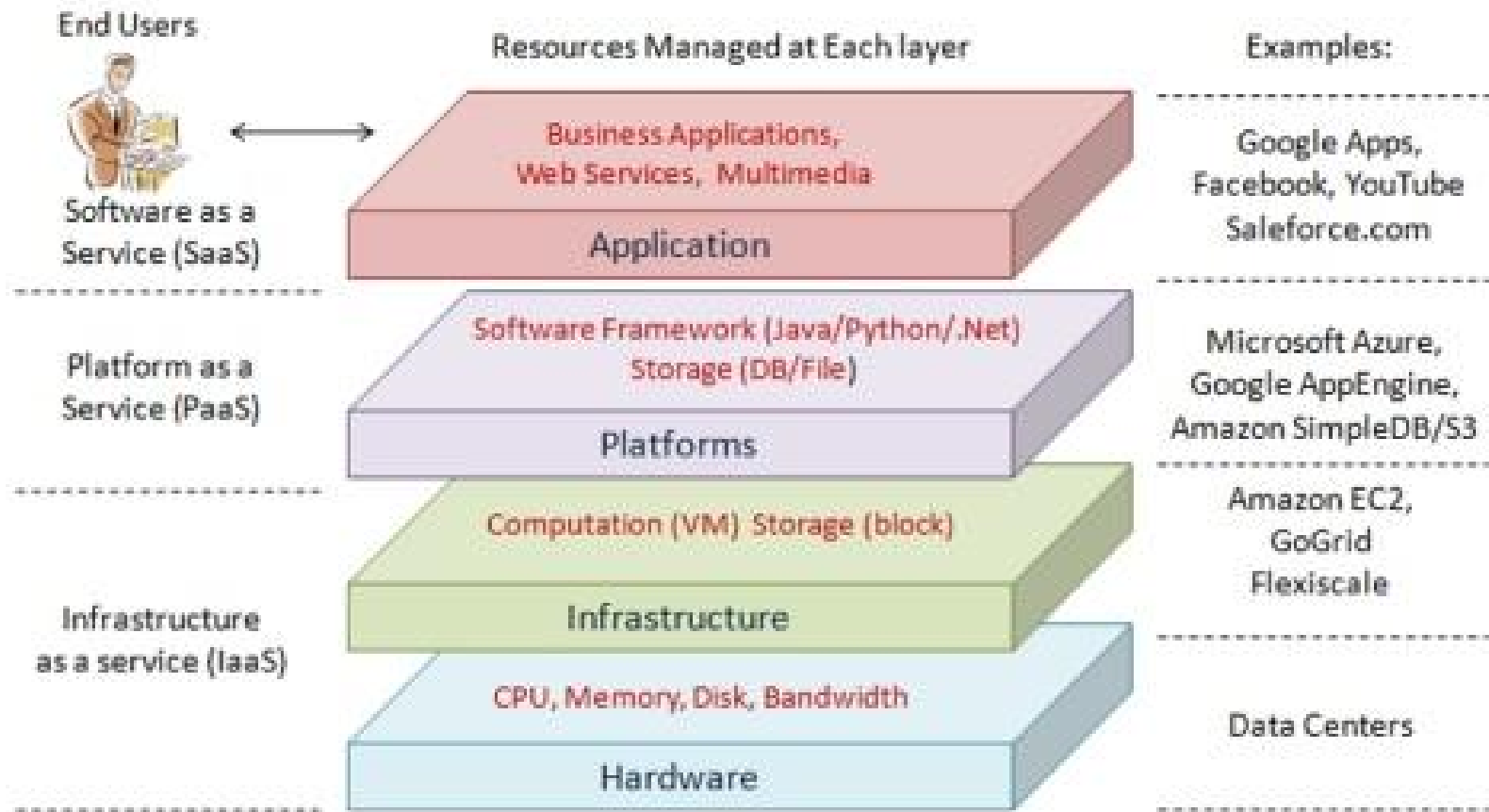
# Basic Properties

- ***On-demand.*** A resource consumer can **unilaterally** acquire computing services **as needed**
- ***Resource pooling.*** The cloud provider's computing resources are **pooled**.
- ***Ubiquitous network access.*** Cloud services and resources are available over **heterogeneous** network access
- ***Location independence.*** The location of the resources need not be of concern to the consumer of the resources.

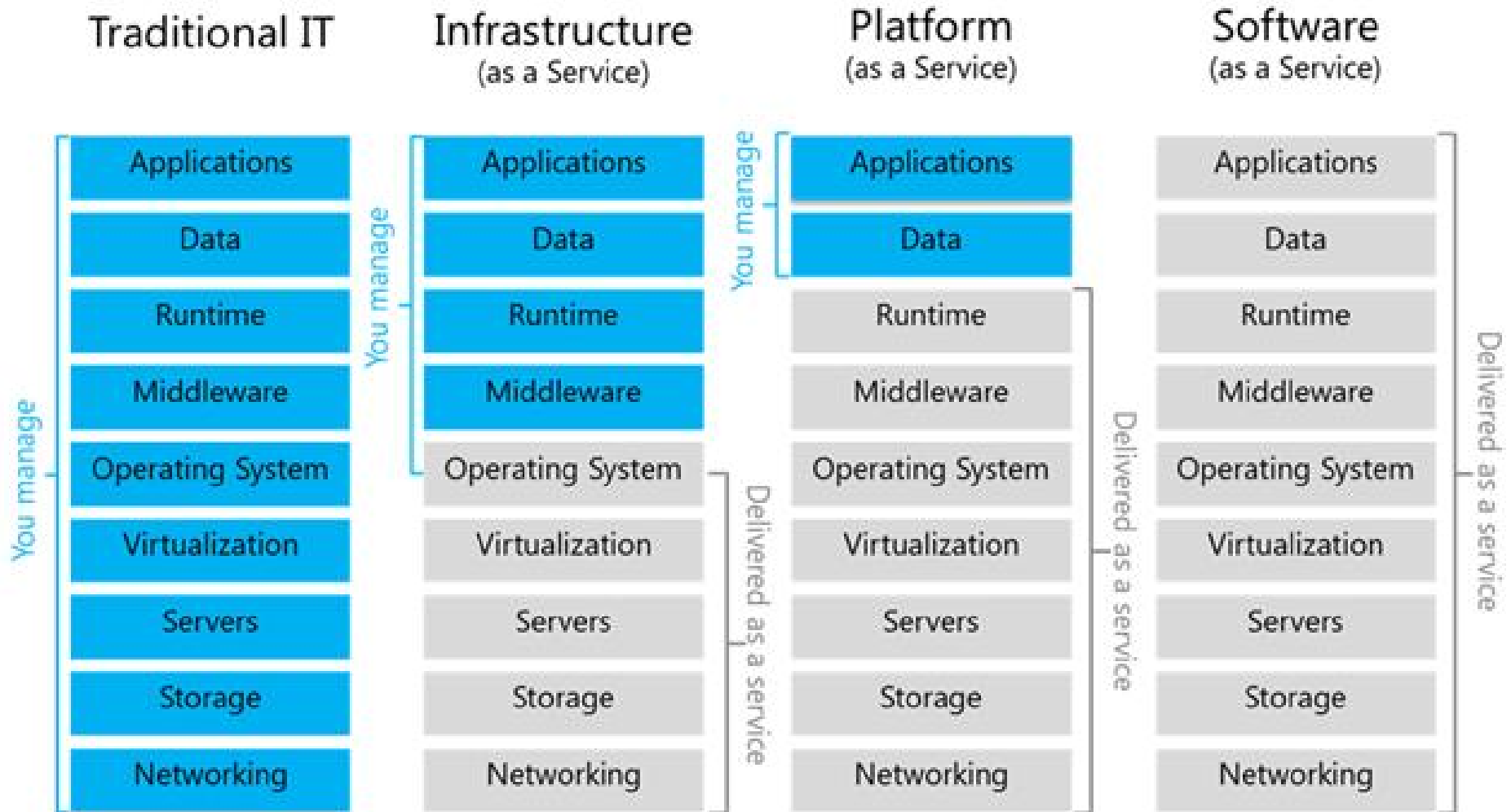
# Basic Properties

- ***Rapid elasticity.*** Capabilities can be rapidly and elastically provisioned.
- ***Pay-as-you-go.*** Consumers of the services are billed only for what they use.
- ***Multi-tenancy.*** Applications and resources can be shared among multiple consumers who are **unaware of** each other.

# Basic Service Models



# Service Models



# Basic Service Models

- **Software as a Service (SaaS).**
- The consumer in this case is an end user.
- The consumer uses applications that happen to be running on a cloud.
- E.g. e-mail services

## SaaS: Software as a Service



# Basic Service Models

- **Platform as a Service (PaaS).**
- To provide **the programming languages and tools** for the users to develop and deploy applications on the cloud
- The consumer in this case is a developer.
- E.g., Google App Engine, Microsoft Azure,



# Basic Service Models

- **Infrastructure as a Service (IaaS).**
- To provision processing, storage, networks, and other **fundamental** computing resources
- The consumer is able to deploy and run arbitrary software, which can include operating systems and applications
- The consumer in this case is a developer or system administrator.
- E.g., Amazon EC2

# Deployment Models

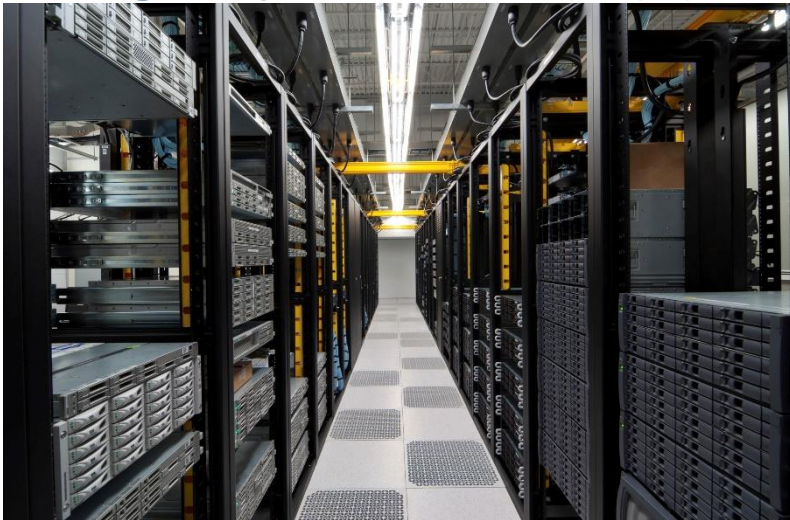
- **Public cloud.** The cloud infrastructure is made **available to the general public** and is owned by an organization selling cloud services.
- **Private cloud.** The cloud infrastructure is owned **solely by a single organization** and operated solely for applications owned by that organization.
- **Community cloud.** The cloud infrastructure is **shared by several organizations** and supports a specific community that has shared concerns
- **Hybrid cloud.** The cloud infrastructure is **a composition of two or more** clouds (private, community, or public)

# Economic Justification

- Economies of scale
- Utilization of equipment
- Multi-tenancy

# Economies of Scale

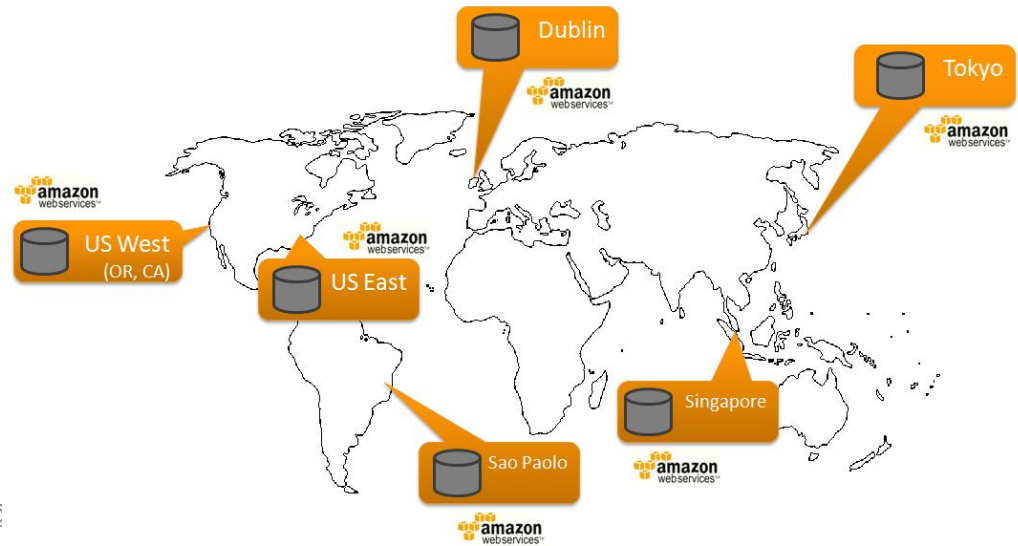
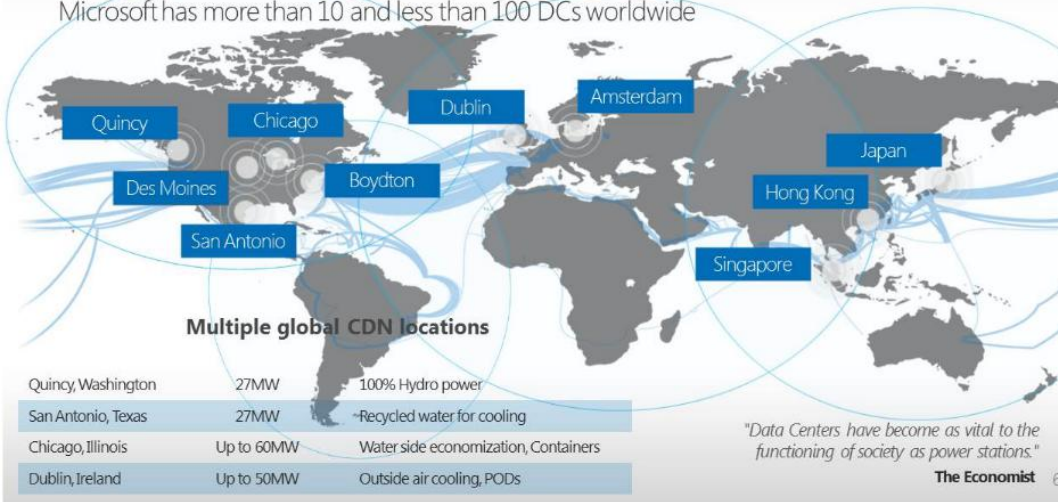
- Large data centers are cheaper to operate (per unit measure) than small data centers.
- **Large** in this context means 100,000+ servers
- **Small** in this context means <10,000



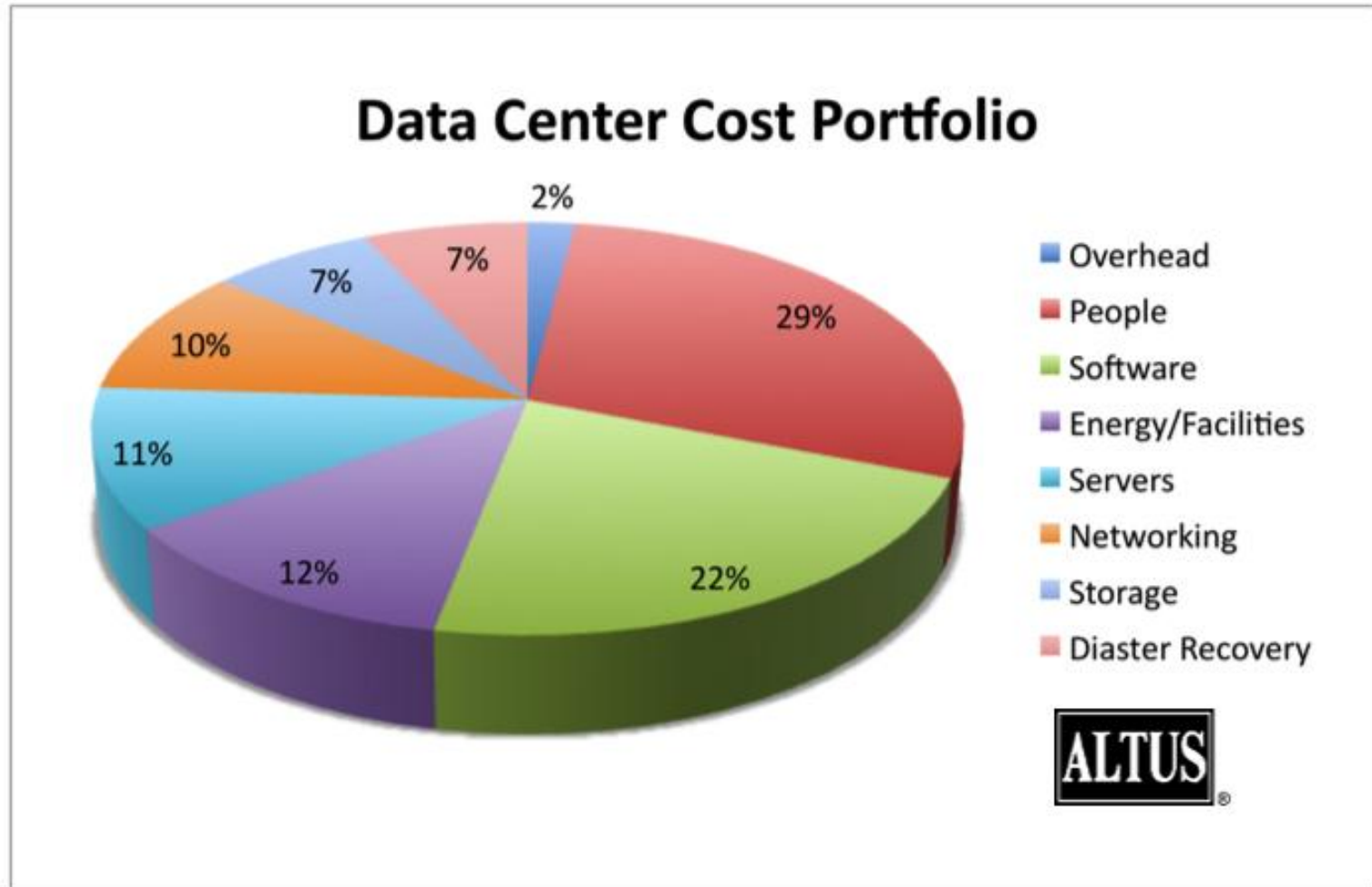
# Geographically Distributed DCs

## Microsoft Data Center Scale

Microsoft has more than 10 and less than 100 DCs worldwide



# Data Center Cost



Source: Gartner (October 2009)

# Reasons for Economies of Scale

- **Cost of power.** The cost of electricity to operate a data center currently is 10 to 20 percent of the total cost of operation.
- Per-server power costs are lower in large data centers
  - **Sharing of items** such as racks and switches.
  - **Negotiated prices.** Large power users can negotiate significant discounts.
  - **Geographic choice.** Large data centers can be located where power costs are lowest.
  - **Acquisition of cheaper power sources** such as wind farms and rooftop solar energy.



# Reasons for Economies of Scale

- ***Hardware costs.*** Operators of large data centers can get discounts on hardware purchases of up to 30 percent over smaller buyers.
- ***Infrastructure labor costs.*** More efficient utilization of system administrators
  - Small data center administrators service ~150 servers.
  - Large data center administrators service >1000 servers.



# More Reasons for Economies of Scale

- ***Security and reliability***. Maintaining a given level of security, redundancy, and essentially **disaster recovery** requires a fixed level of investment.
- Larger data centers can **amortize** that investment over their larger number of servers.

# Utilization of Equipment

- How to increase the utilization of data centers?
- **Virtualization** allows for co-location of distinct application
- Take use of **variations in workload** to increase utilization.
  - **Random access.** End users access applications randomly. More users are more likely to impose a uniform load
  - **Time of day.**
    - Co-locate those services that are workplace related with those that are consumer related.
    - Time differences among geographically distinct locations.

# Utilization of Equipment

- ***Resource usage patterns.*** Co-locate heavier CPU services with heavier I/O services
- ***Uncertainty.*** Consider spikes in usage
  - news events, marketing events, sporting events
  - Leverage public cloud to maintain sufficient capacity to support spikes in usage

The key technology is to **analyze the load variance pattern**, and leverage the pattern to **allocate the load** on the resources

# 云计算技术

## 目标

- 服务质量SLA
- 资源使用率
- 可靠性
- 能耗
- 安全
- 易用性

## 技术方法

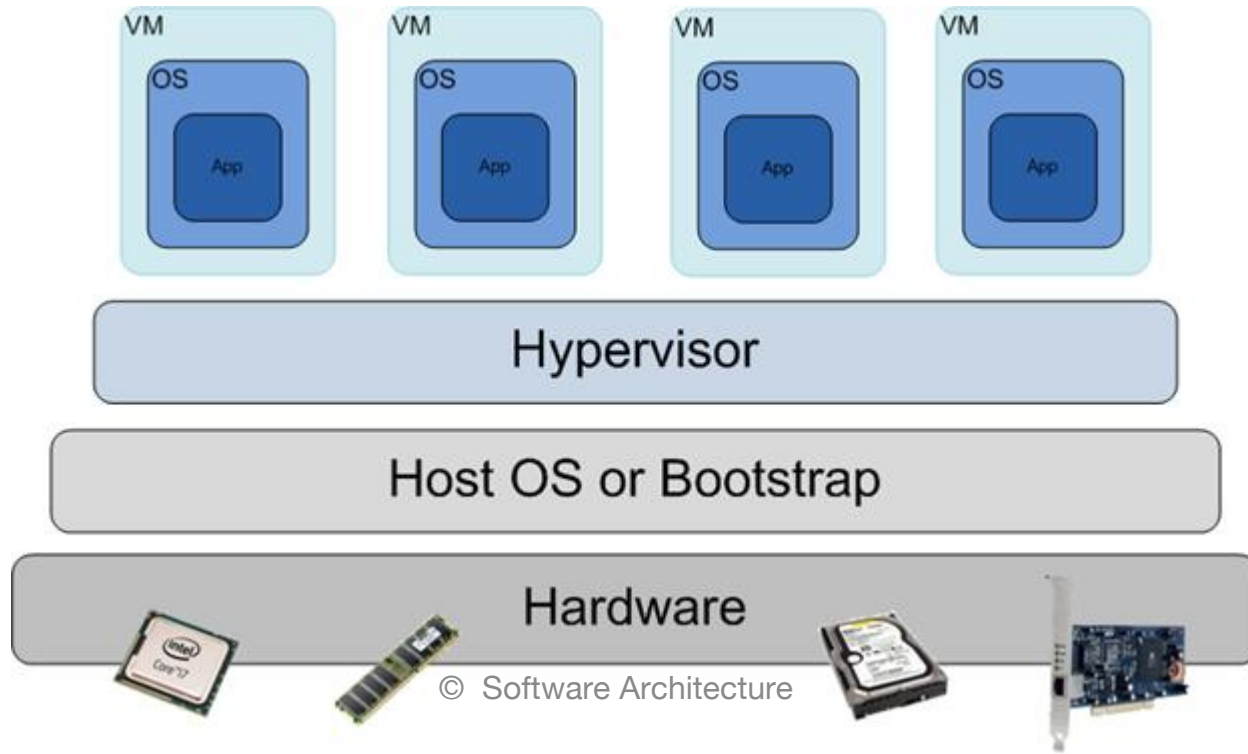
- ⑩ 虚拟化
- ⑩ 负载调度（均衡）
- ⑩ 自动可扩展
- ⑩ 冗余与备份
- ⑩ 微服务与Serverless

# Virtual Machine

- A **virtual machine** has an address space isolated from any other virtual machine.
- Looks like a bare metal machine from the application perspective.
- Assigned an IP address and has network capability.
- Can be loaded with any operating system or applications that can execute on the processor of the host machine.

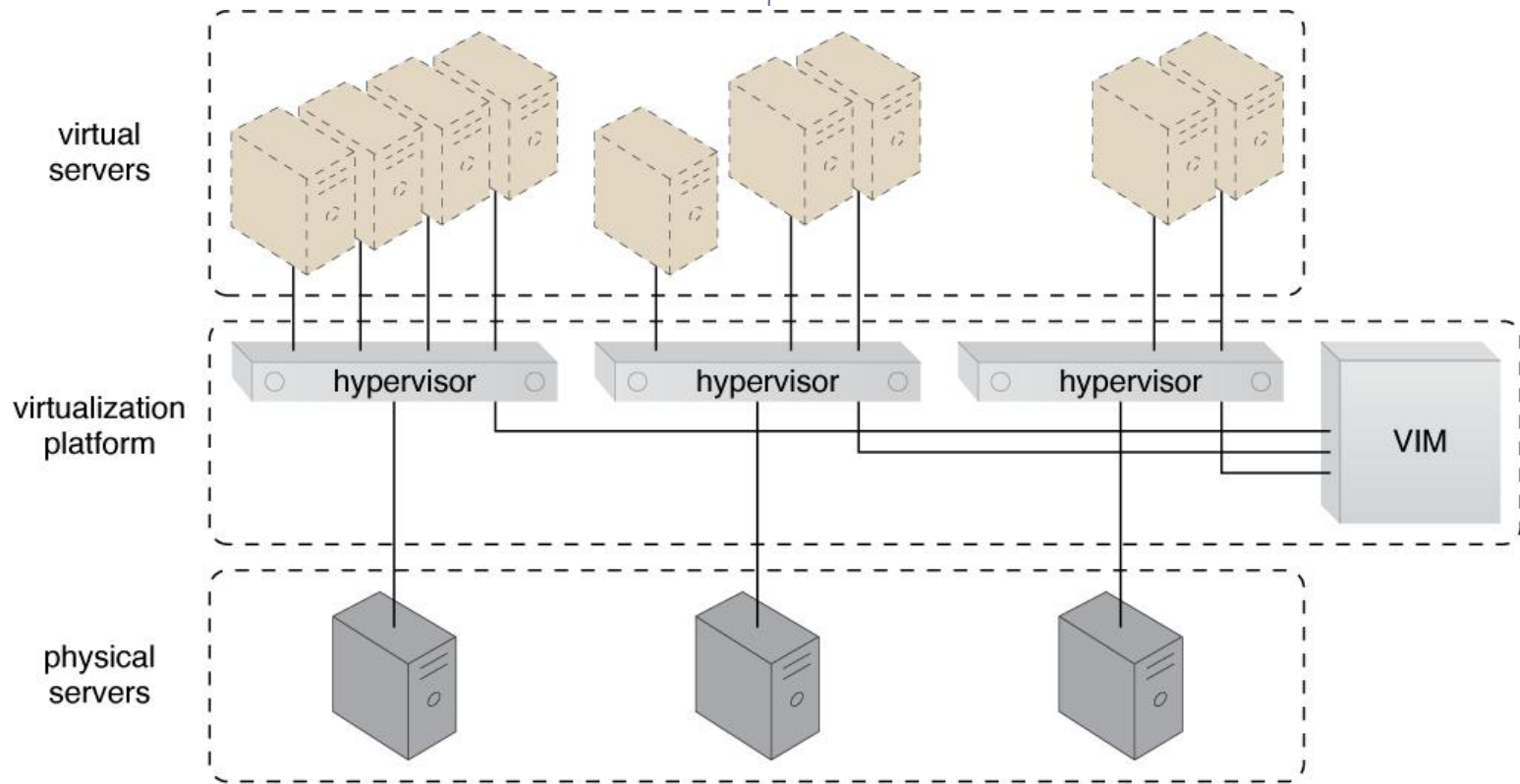
# Hypervisor

- A **hypervisor** is the operating system used to create and manage virtual machine
- E.g., VMWare, Xen, KVM

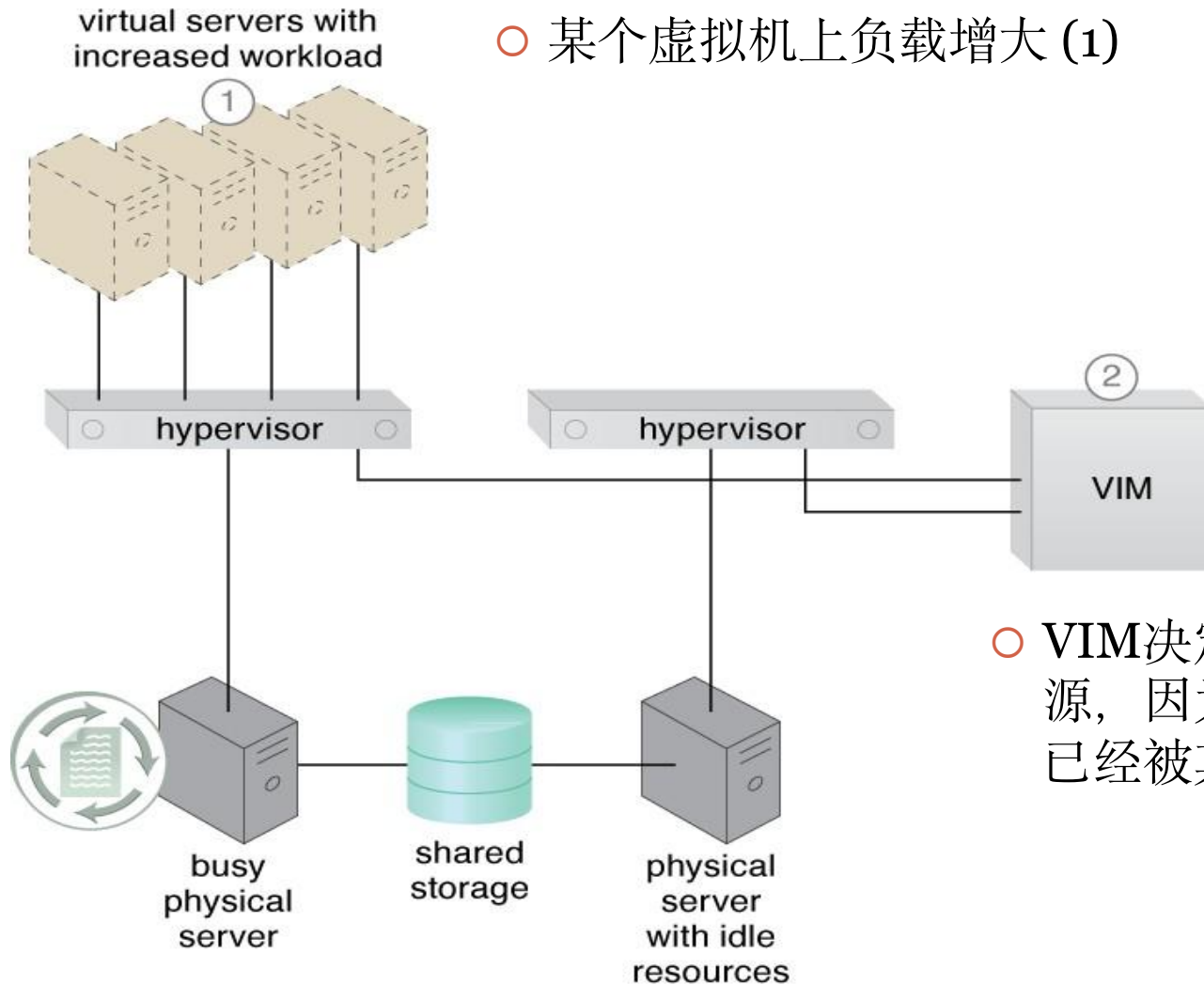


# 虚拟化技术

- 虚拟机监控器 (Hypervisor) 与虚拟机基础设施管理器 (VIM)



# 虚拟机迁移



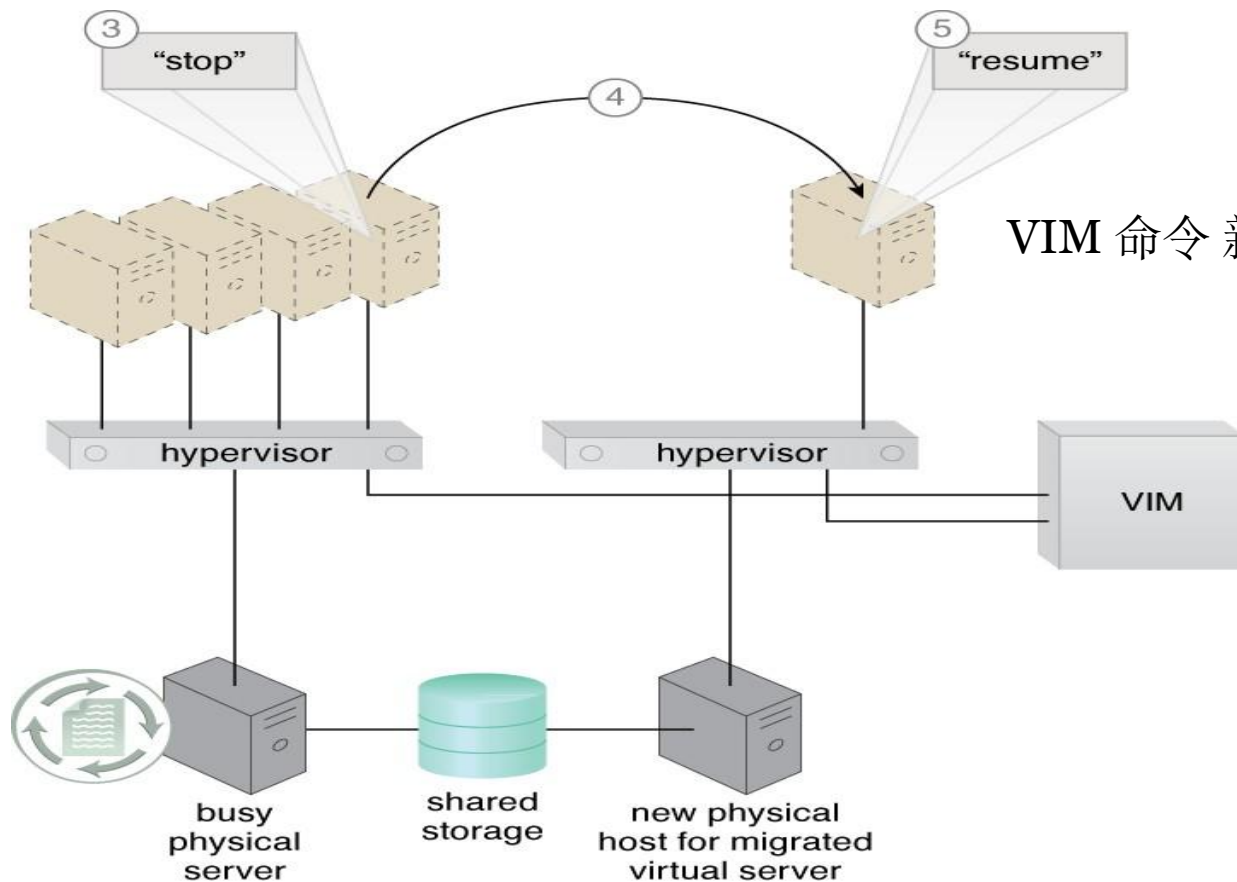
○ 某个虚拟机上负载增大 (1)

○ VIM决定该虚拟机不能增加资源，因为其所在物理机的资源已经被其他虚拟机所占用 (2)



The VIM 命令这台忙物理机上的虚拟机监控器暂停该虚拟机 (3)

The VIM 命令 在另一台空闲的物理机上启动虚拟机实例, 原虚拟机的状态信息被同步到新的物理机器 (4)



VIM 命令 新的虚拟机实例开始运行(5).

# 虚拟化技术

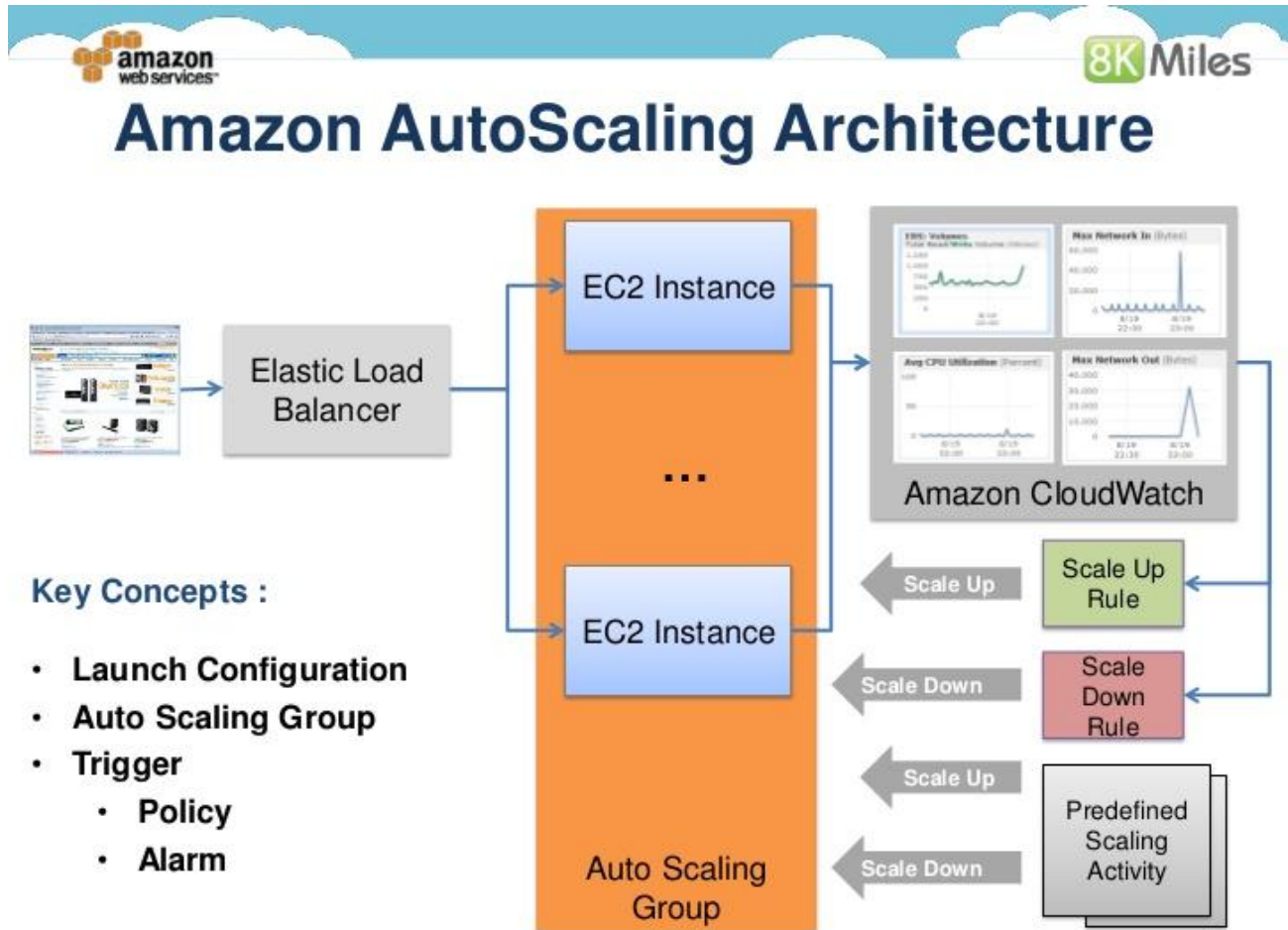
- 在线迁移技术
  - 预拷贝与后拷贝方法
- 虚拟机编排技术：如何将虚拟机映射在物理机上？
- 虚拟机迁移策略：何时迁往何地？
  - 兼顾可靠性、能耗、负载均衡等目标
- 虚拟机启动风暴问题

# 负载调度 - 提高资源使用率

- 主要策略:
  - 分析和预测负载的变化规律
  - 在时间上互补
  - 在空间上均衡
  - 在资源类型消耗上互补

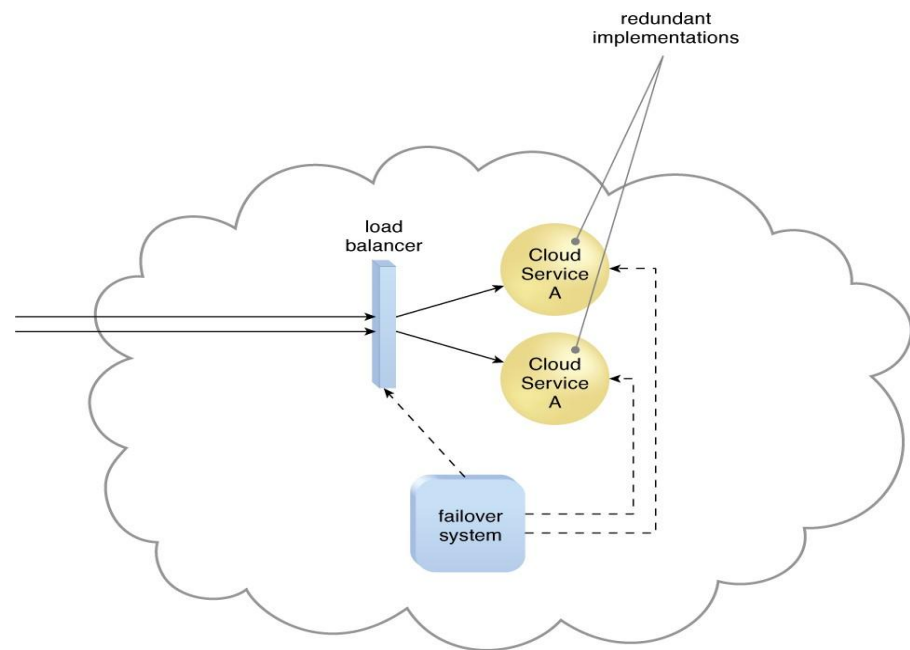
# 自动可扩展技术

- 亚马逊自动可扩展架构



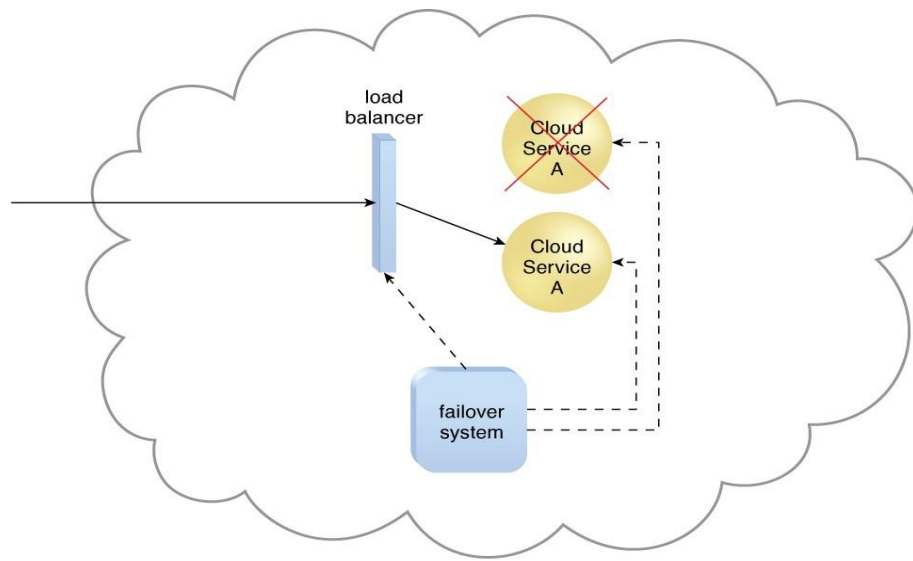
# 容错与备份

- 计算的冗余
  - 主动备份和被动备份



Copyright © Arcitura Education

主动备份

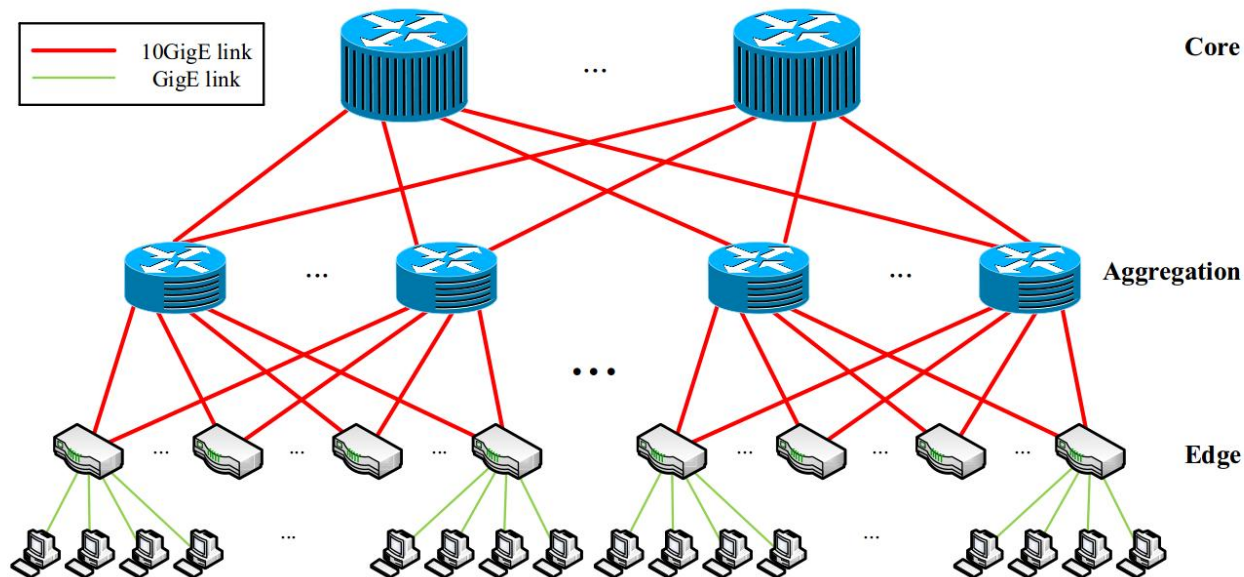


Copyright © Arcitura Education

被动备份

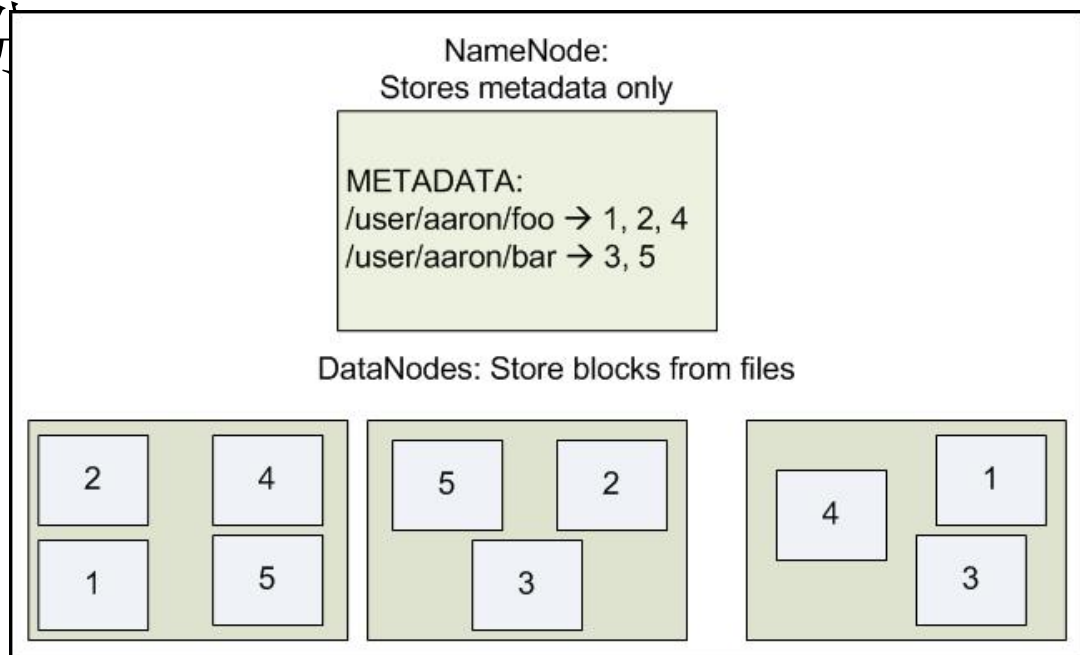
# Data Replication

- Trade-off between the number of replicas and availability
- How to place the replicas onto the machines to maximize the availability?



# 容错与备份

- 存储的冗余
  - 例如, HDFS、GFS 分布式文件系统
- 设备的冗余
  - 例如, 数据中心网络中交换机和路由器的冗余
- 跨数据中心的备份
  - 容灾



# 微服务与无服务器架构

- 一种计算服务，根据时间运行用户的代码，无需关心底层的计算资源
  - 让开发者在构建应用的过程中无需关注计算资源的获取和运维
  - 由平台来按需分配计算资源并保证应用执行的SLA，按照调用次数进行计费，有效的节省应用成本
- 类似云计算中PaaS
- 亚马逊 Lambda
- 谷歌 Knative



# 行业云 Industry Cloud

- 由行业内或某个区域内起主导作用或者掌握关键资源的组织建立和维护，以公开或者半公开的方式，向行业内部或相关组织和公众提供有偿或无偿服务的云平台
- 类似社区云；国内由浪潮提出
- 政务云、教育云、医疗云、金融云、生产制造云、物流云等
- 优势：
  - 资源整合，避免重复建设，节省成本
  - 促进行业内互联互通、业务系统
  - 高可用性、可靠性；数据更安全；容灾备份
  - 从IT系统运维中解脱出来，提高效率

	零售解决方案	传媒解决方案	游戏解决方案	交通物流解决方案
Industry Solutions 行业解决方案	线下零售业 无人售货解决方案	有线网络 智慧运营解决方案	开发部署 游戏全球同服解决方案	物流运输 商用车联网解决方案
Generic Solutions 通用解决方案	云POS解决方案 新商超解决方案	有线网络智能终端解决方案	移动游戏测试解决方案 云游戏解决方案	物流路径优化解决方案 运输管理系统解决方案
	垂直行业 时尚行业零售解决方案 图书行业解决方案 快消品行业解决方案 餐饮行业解决方案	AI和大数据 传媒大数据解决方案 传媒智能内容生产解决方案 重点人物识别解决方案	安全防护 游戏安全解决方案	物流仓储 仓储管理系统解决方案
	电子商务 小型电商解决方案 电商以图搜图解决方案 电商精细化运营解决方案 电商个性化推荐解决方案	媒体资产管理 媒体资料存储解决方案 媒体资产管理解决方案	广告运营 游戏数据运营解决方案 运营商定向流量解决方案	航空 航空公司电商解决方案 航空公司电商防爬解决方案
	金融解决方案	内容生产 新闻和节目制作解决方案 云上电视台解决方案	制造解决方案	机场 机场安检人脸识别解决方案 停机位调度优化解决方案
	数字银行 银行互联网核心解决方案 银行数字化转型解决方案	融合运营 媒体发布运营解决方案 专有媒体云解决方案	化工行业解决方案 光伏行业解决方案 电力行业解决方案 钢铁行业解决方案 水泥行业解决方案	汽车 网约车出行平台解决方案 汽车数字化营销解决方案 汽车仿真云解决方案
	数字证券 行情/资讯上云架构解决方案 委托交易上云架构解决方案 交易所(场内)核心解决方案	医疗健康解决方案	音视频解决方案	教育解决方案
	数字保险 电子保单解决方案 保险公司核心解决方案 寿险核心上云解决方案	医疗机构 医院互联网安全解决方案 影像云解决方案 远程医疗平台解决方案 云HIS解决方案 生物医药 医药流通解决方案 基因组学	音视频行业应用 短视频解决方案 电商视频直播解决方案 广电级大型赛事直播解决方案 智能视频监控解决方案 VR 视频解决方案 全球文娱互动直播解决方案 阿里云直播问答解决方案 音视频基础场景	在线教育企业 在线教育解决方案 互动课堂解决方案 智能服务解决方案 高校教育 科研计算解决方案 智慧校园解决方案 数字政府解决方案

# 企业云

- 不同模式
  - 企业所有，自行运营
  - 企业所有，运行维护外包
  - 企业所有，运行维护外包，外部运行（物理托管）
  - 企业租赁，外部运行，资源独占（虚拟托管）
  - 企业租赁，外部运行，资源共享调度
  - 公有云
- 混合云和互联云

- ◆ 2015年到2018年，中国政府关于鼓励云计算发展的政策密集出台，主要从云计算的产业化发展、深入行业、突破关键核心技术等重要环节给以指导和扶持。

亿欧智库：2015-2018年部分云计算相关政策文件

时间	发布单位	文件名称	主要内容
2015年1月	国务院	《国务院关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见》	加快发展云计算，打造信息产业新业态，推动传统产业转型升级和新兴产业成长，培育形成新的增长点，促进国民经济提质增效升级。
2015年11月	工信部	《云计算综合标准化体系建设指南》	提出云基础、云资源、云服务和云安全组成的云计算综合标准化体系框架，以及有效解决应用和数据迁移、服务质量保证、供应商绑定、信息安全和隐私保护等问题的29个标准研制方向。
2016年3月	新华社	《十三五规划纲要》	重点突破大数据和云计算关键技术，并积极推进云计算和物联网发展。
2016年7月	中共中央、国务院	《国家信息化发展战略纲要》	构建新一代云计算体系，提升云计算设备和网络设备的核心竞争力，鼓励在“一带一路”沿线节点城市部署数据中心、云计算平台和内容分发网络平台等设施。
2016年12月	国务院	《“十三五”国家信息化规划》	“十三五”将基本建立新一代网络技术体系、云计算技术体系、端计算技术体系和安全技术体系基本建立，培育发展一批具有国际竞争力的云计算骨干企业，中国信息领域核心技术设备自主创新能力全面增强。
2017年4月	工信部	《云计算发展三年规划（2017-2019）》	建设一批云计算领域的新型工业化产业示范基地，完善产业载体建设，到2019年我国云计算产业规模要达到4300亿元；突破一批核心关键技术，云计算服务能力达到国际先进水平。
2017年7月	国务院	《新一代人工智能发展规划》	继续加强超级计算基础设施、分布式计算基础设施、分布式计算基础设施和云计算中心建设。
2018年8月	工信部	《推动企业上云实施指南（2018-2020年）》	到2020年，全国新增上云企业100万家，形成典型标杆应用案例100个以上，形成一批有影响力、带动力的云平台和企业上云体验中心。

# 云计算图谱



亿欧

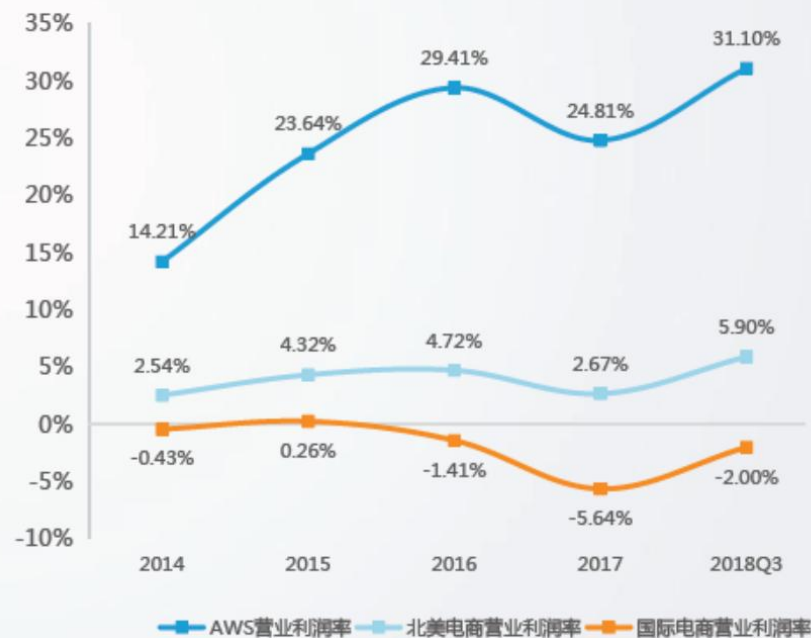


- ◆ 除了游戏、电商、媒体等互联网领域，AWS的服务已经逐渐**向全球制造、交通、医疗等传统行业拓展**，实现了业务场景的多元化。
- ◆ 近几年来，在屡次降价的前提下，AWS仍然实现了20%-30%的营业利润率；2018年第一季度，AWS为Amazon贡献了72.7%的营业利润。与电商业务和其他业务相比，**云服务是Amazon公司最赚钱的业务**。

亿欧智库：AWS主要覆盖行业和典型客户

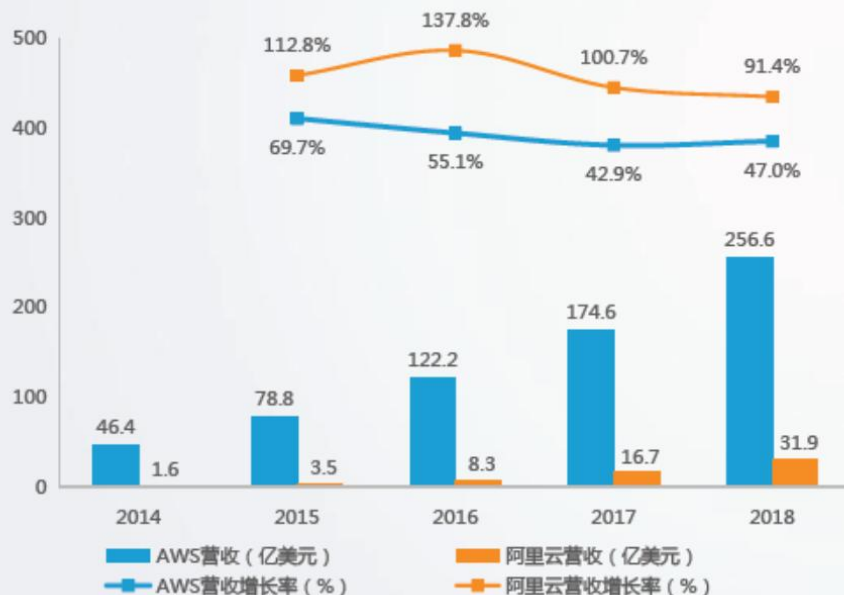
行业	典型客户
制造业	美的、OPPO、西门子、TCL、飞利浦、兰博基尼
交通运输	Airport Nuremberg、GOL Airtime、国际民航组织
广告营销	亿动、有米科技、Mobvista/AltaMob
医疗	Medscheme、Claritas Genomics、华大基因、辉瑞制药、复旦大学附属肿瘤医院
媒体	Spotify/Netflix/Fipboard、东方明珠、爱奇艺
电商	Amazon、小红书、环球易购
游戏	游戏谷、R2Games、Tap4fun、Ubisoft
教育	Coursera、台湾国立大学、先声教育
安防监控	海康威视萤石
移动应用	墨迹风云、名片全能王、天天果园

亿欧智库：Amazon不同业务营业利润率对比

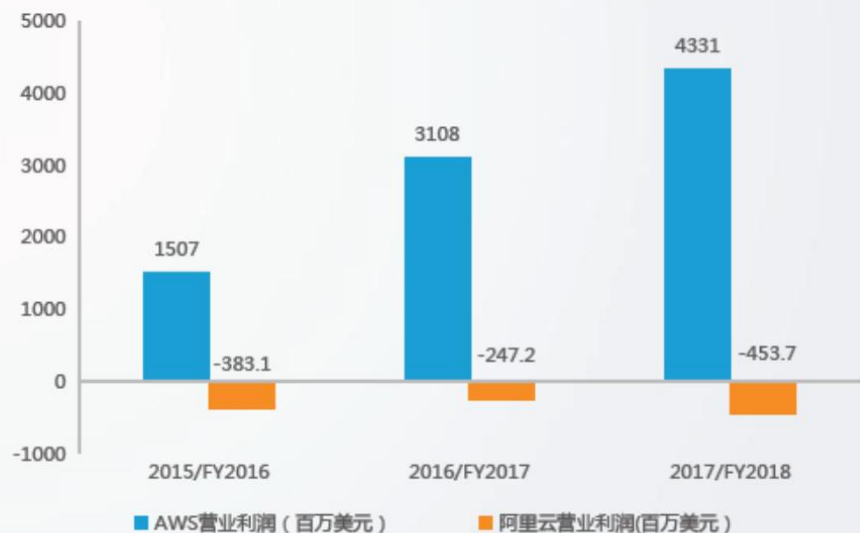


- ◆ 阿里云作为中国云计算市场的开拓者，虽然与全球云服务厂商第一的AWS在业务体量上相差8倍左右，但在增速上却远高于AWS。
- ◆ 根据亿欧智库测算，阿里云在2014-2018年这四年间整体营收增长约20倍，其中2015-2017年连续三年保持了100%以上的增速，而AWS的增速则从69.7%下降到42.9%。从阿里巴巴公布的2019财年第三季度财报显示，阿里云2018自然年的营收规模为213.6亿元，相比2017年的111.7亿元，增速高达91.2%。但从营业利润来看，阿里云仍处于高投入阶段，尚未实现盈利。

亿欧智库：2014-2018年AWS与阿里云营业收入



亿欧智库：2015-2017年AWS与2016-2018财年阿里云营业利润



注：阿里2016财年为自然年2015.4.1-2016.3.31

- ◆ 浪潮云依托浪潮集团在政府、行业、企业信息化领域30余年的深厚经验技术积累，为区域政府、行业部委、大型企业三类用户提供专业、安全的产品和服务，其中大型企业客户覆盖电商、物流等互联网领域，也包括金融、教育、制造、医疗等传统产业。
- ◆ 依托在全国布局的6大核心云数据中心以及47个地市云数据中心，浪潮云正为全国140余家省市政府及74万家企业提供云计算服务。

亿欧智库：浪潮云覆盖行业及典型行业客户

浪潮云	主要特点	典型客户
政务	通过共享云、专享云、混合云、驻场云这4种服务模式，为各级各部门开展电子政务建设提供基础设施和支撑软件服务，实现了应用软件和技术支撑环境分离，按需求使用云中心服务资源，提高了部署效率，避免了重复投资	重庆市政府、海南省政府、贵州省政府、山东省政府、国家质检总局
电商	为客户提供以浪潮云计算中心的强大IaaS层基础为依托的解决方案，保证对客户的数据及系统提供便捷、安全、可靠的云容灾服务，实现了数据备份操作和管理成本的削减	家家悦、青鸟家润、家家购物、城乡鸟送
物流	以“云服务+云托管”解决方案为主，通过自主研发的高端服务器，构建虚拟资源池，并依托自主研发的高性能服务器和存储，满足客户的业务稳定性、安全性、互联互通需求	乐速科技
金融	提供端到端金融云解决方案，目的就是帮助金融行业构建灾备云、测试云和托管云，一键搭建基础环境，自动完成所有资源的创建和配置	中国建设银行、平安银行、中国光大银行、洛阳银行、中泰证券
教育	提供远程视频教育解决方案和教育云盘解决方案，帮助在线教育培训行业客户构建自有在线教育培训生态和教育安全平台，降低成本并高质量实现业务目标	高教社、山东省党建门户网站
制造	为中小企业提供计算、存储、数据库等信息技术基础设施，并进一步推动个性化协同办公、电子商务、客户服务等业务系统“上云上平台”，打造工业互联网产业生态体系，降低中小企业信息化投入成本，	中船互联
医疗	基于公有云的SaaS方式，建立以病人为中心的云端医院信息系统（云HIS），可以减少医院投资，无需自建机房和系统，快速实现信息化服务	济南復大肿瘤医院



# Architecting in a Cloud Environment

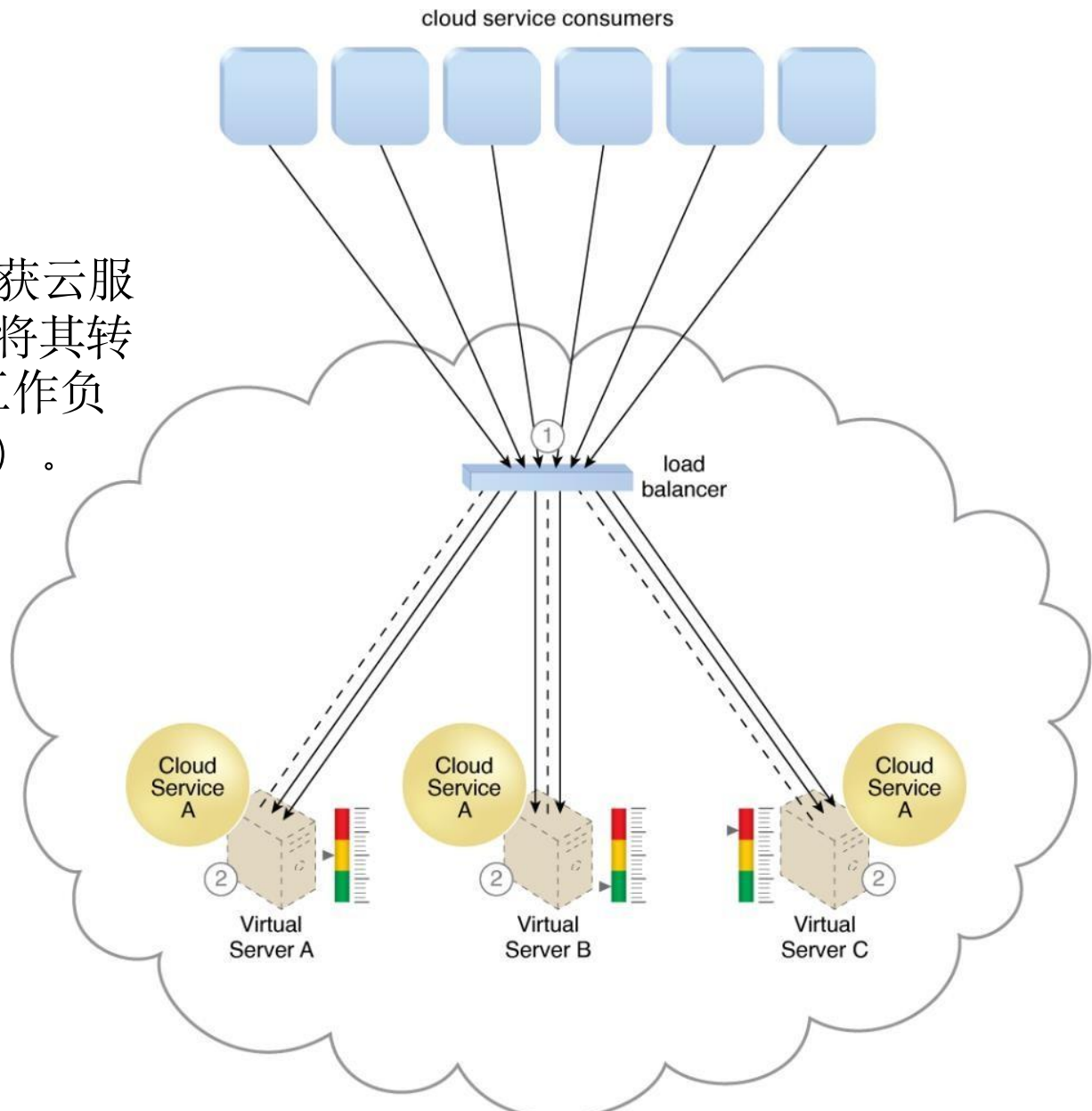
- Quality attributes that are different in a cloud
  - Security
  - Performance
  - Availability

# Performance

- Two approaches to guarantee performance
  - **Load balancing** is to distribute workloads across multiple computing resources to avoid the overload of a single resource
  - **Auto-scaling** is a method whereby the amount of computational resources, typically measured in terms of the number of active servers, scales automatically based on the load

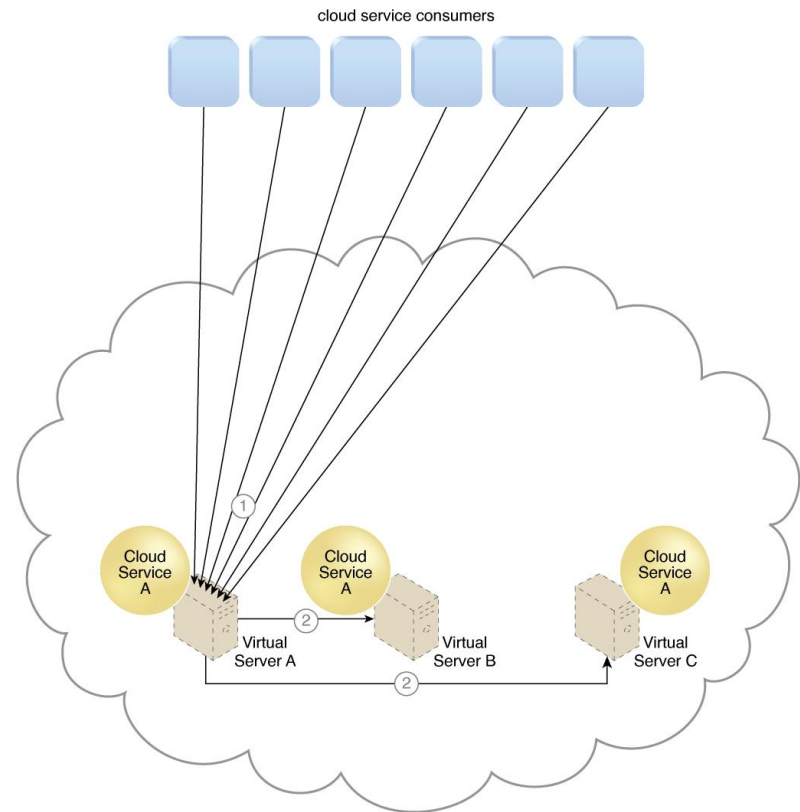
# 服务负载均衡架构两种工作方式 (1/2)

Figure11.10 负载均衡器截获云服务用户发送的消息 (1) 并将其转发给虚拟服务器，从而使工作负载的处理得到水平扩展 (2)。

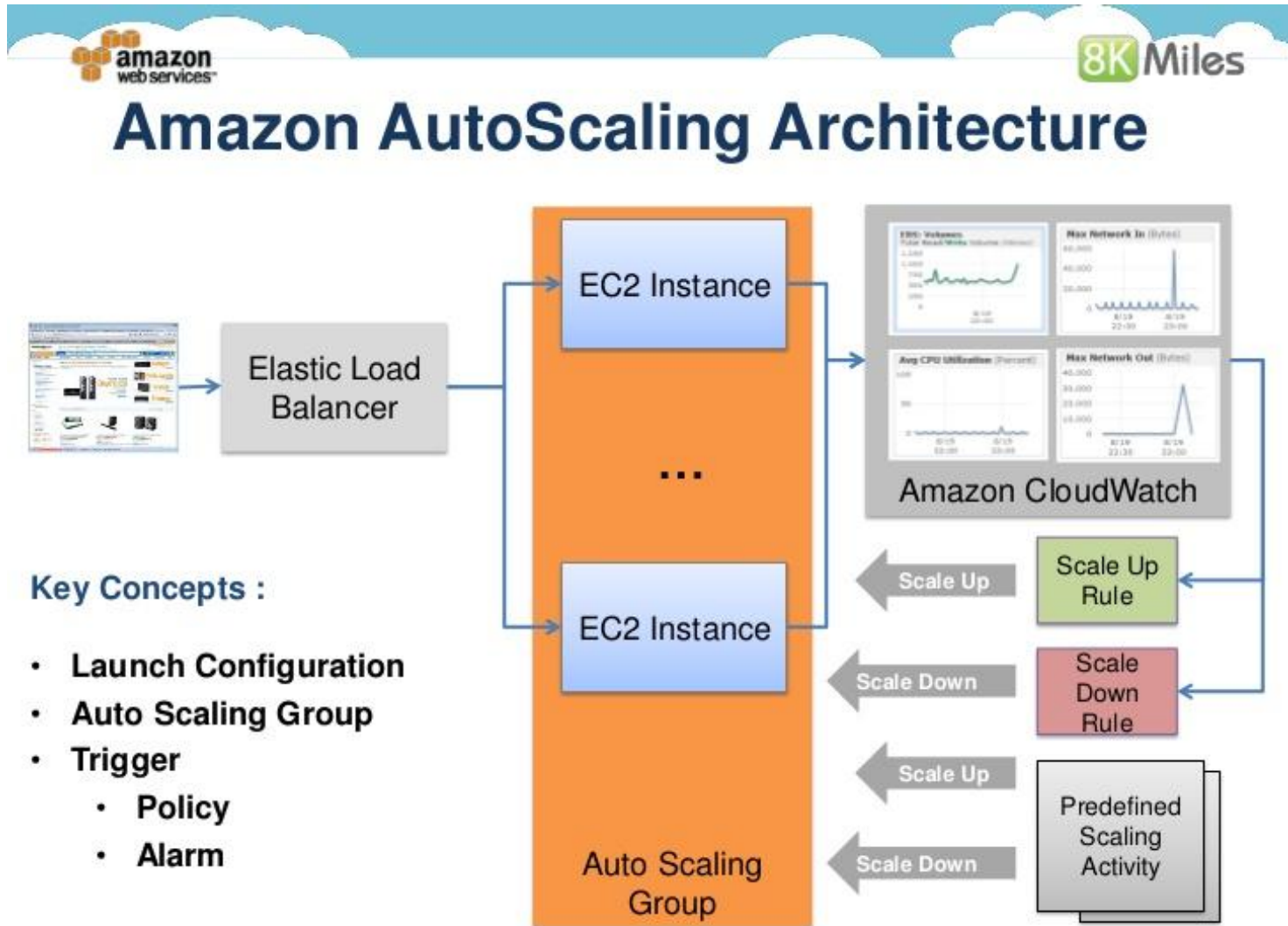


# 服务负载均衡架构两种工作方式 (2/2)

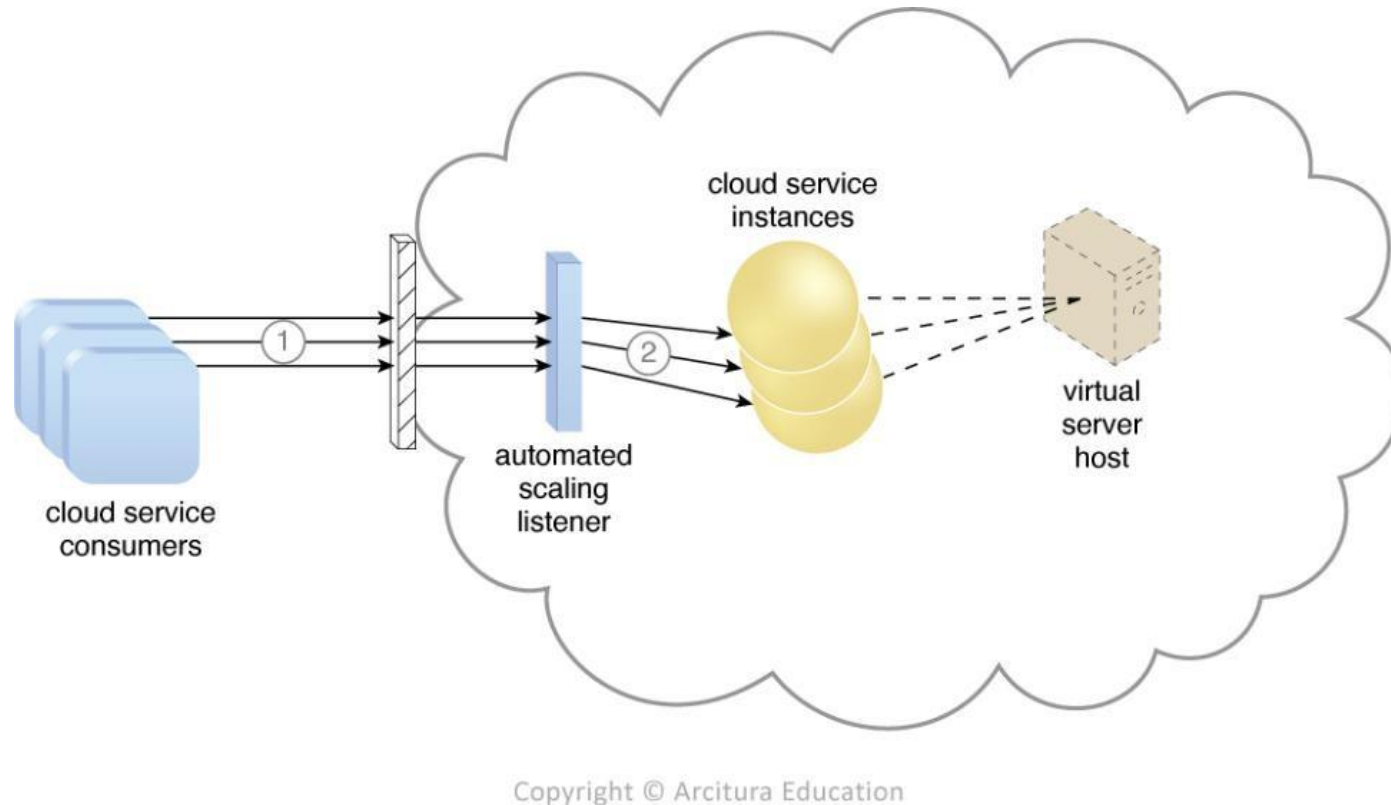
**Figure11.11** 云服务用户的请求发送给虚拟服务器A上的云服务A (1) 。内置负载均衡逻辑包含在云服务实现中，它可以将请求分配给相邻的云服务A，这些云服务A的实现位于虚拟服务器B和C上 (2) 。



# Auto-scaling Architecture in Amazon

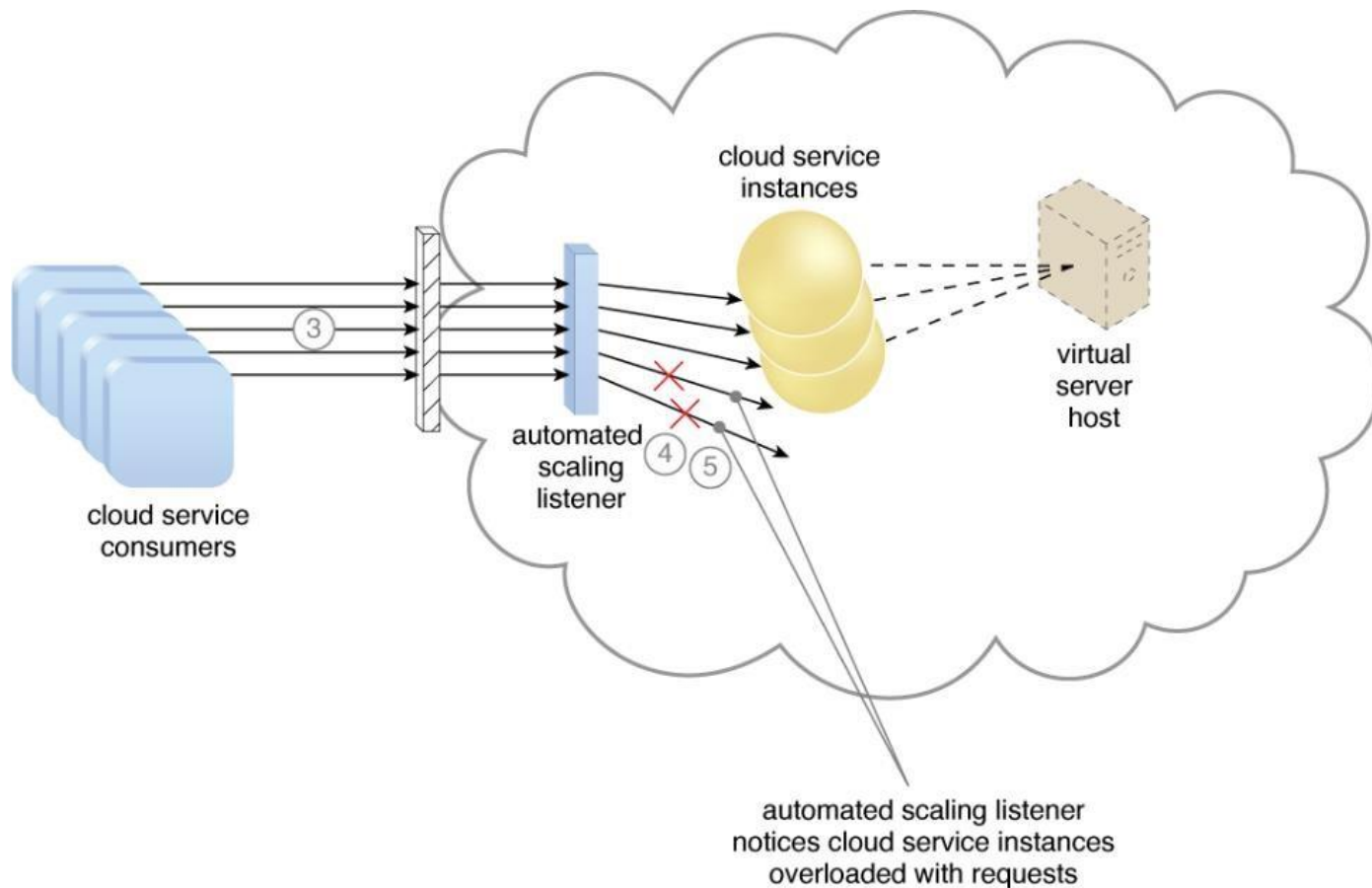


# 动态水平扩展过程 (1/3)



**Figure11.5** 云服务用户向云服务发送请求 (1) 。自动扩展监听器监视该云服务，判断预定义的容量阈值是否已经被超过 (2) 。

## 动态水平扩展过程 (2/3)



**Figure11.6** 云服务用户的请求数量增加 (3) 。工作负载已超过性能阈值。根据预定义规则，自动扩展监听器决定下一步的操作 (4) 。如果云服务的实现被认为适合扩展，则自动扩展监听器启动扩展过程 (5) 。

# 动态水平扩展过程 (3/3)

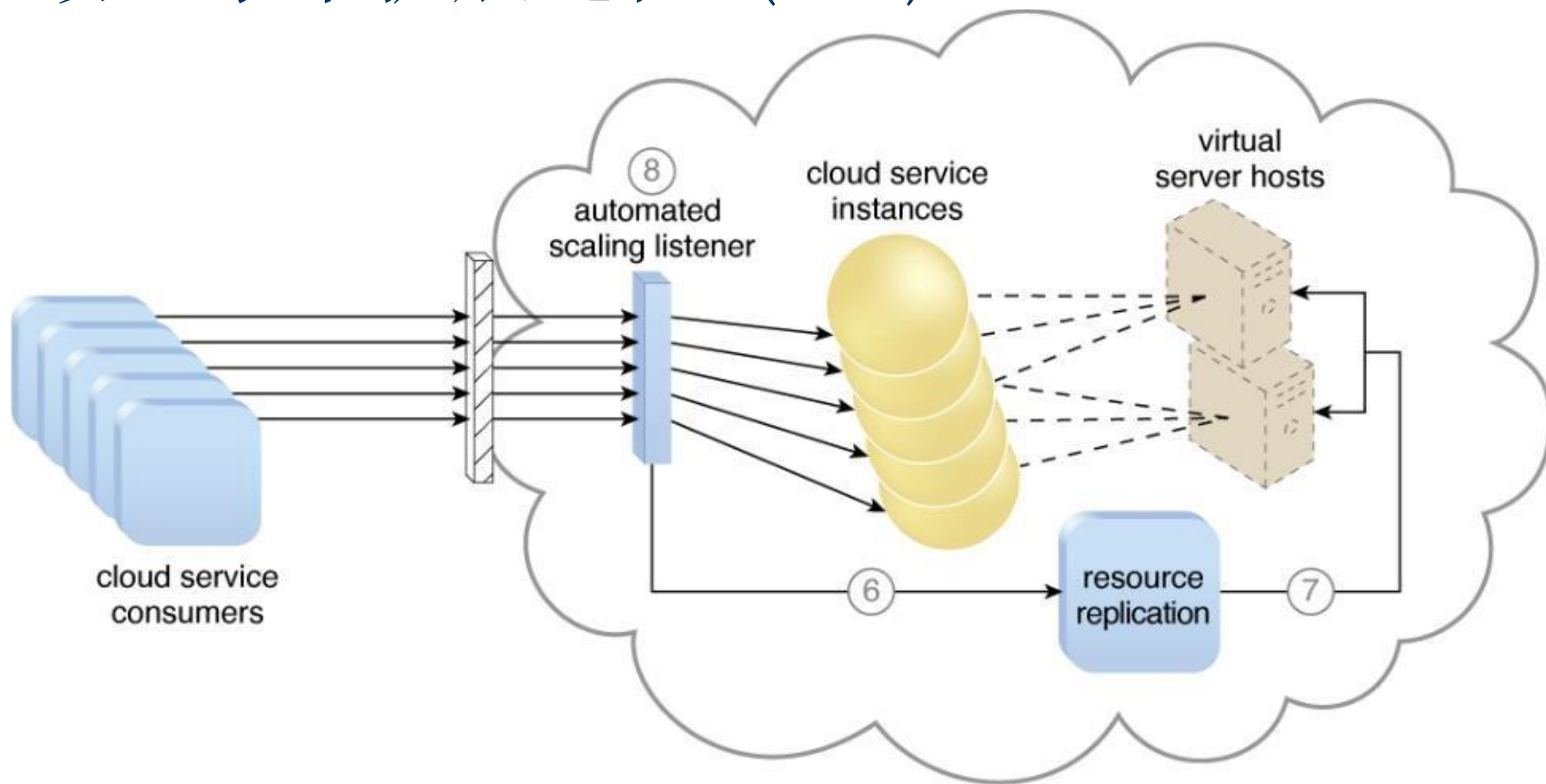


Figure11.7 自动扩展监听器向资源复制模块发送信号 (6)，创建更多的云服务实例 (7)。增加的工作负载可以得到满足，自动扩展监听器根据请求，继续监控并增加或减少IT资源 (8)。

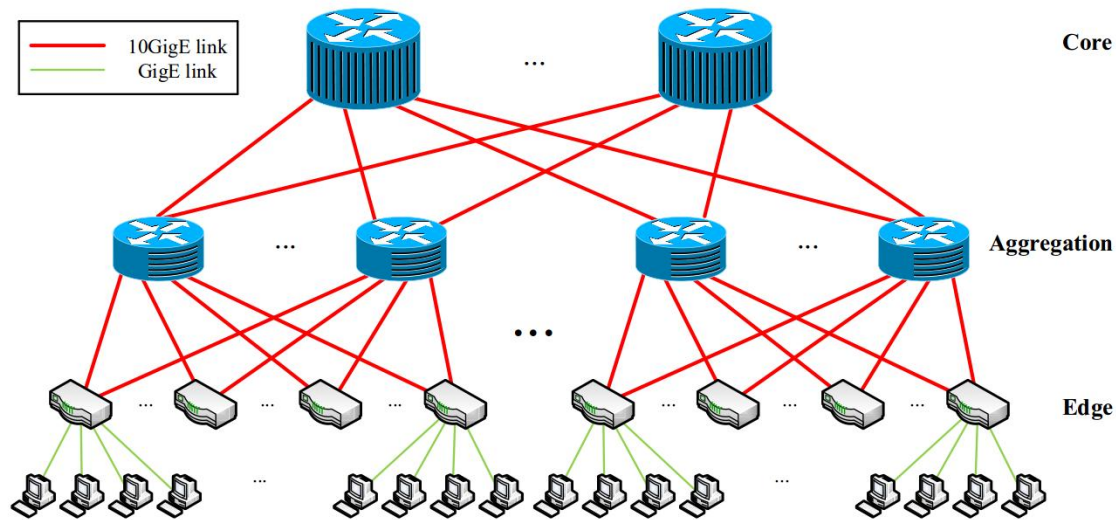


# Availability

- **Failure** is a common occurrence in the cloud
  - With 1000s of servers, failure is to be expected
- Cloud providers ensure that the cloud itself will remain available with some notable exceptions.
- Application developers must assume instances will fail and build in detection and correction mechanisms in case of failure.

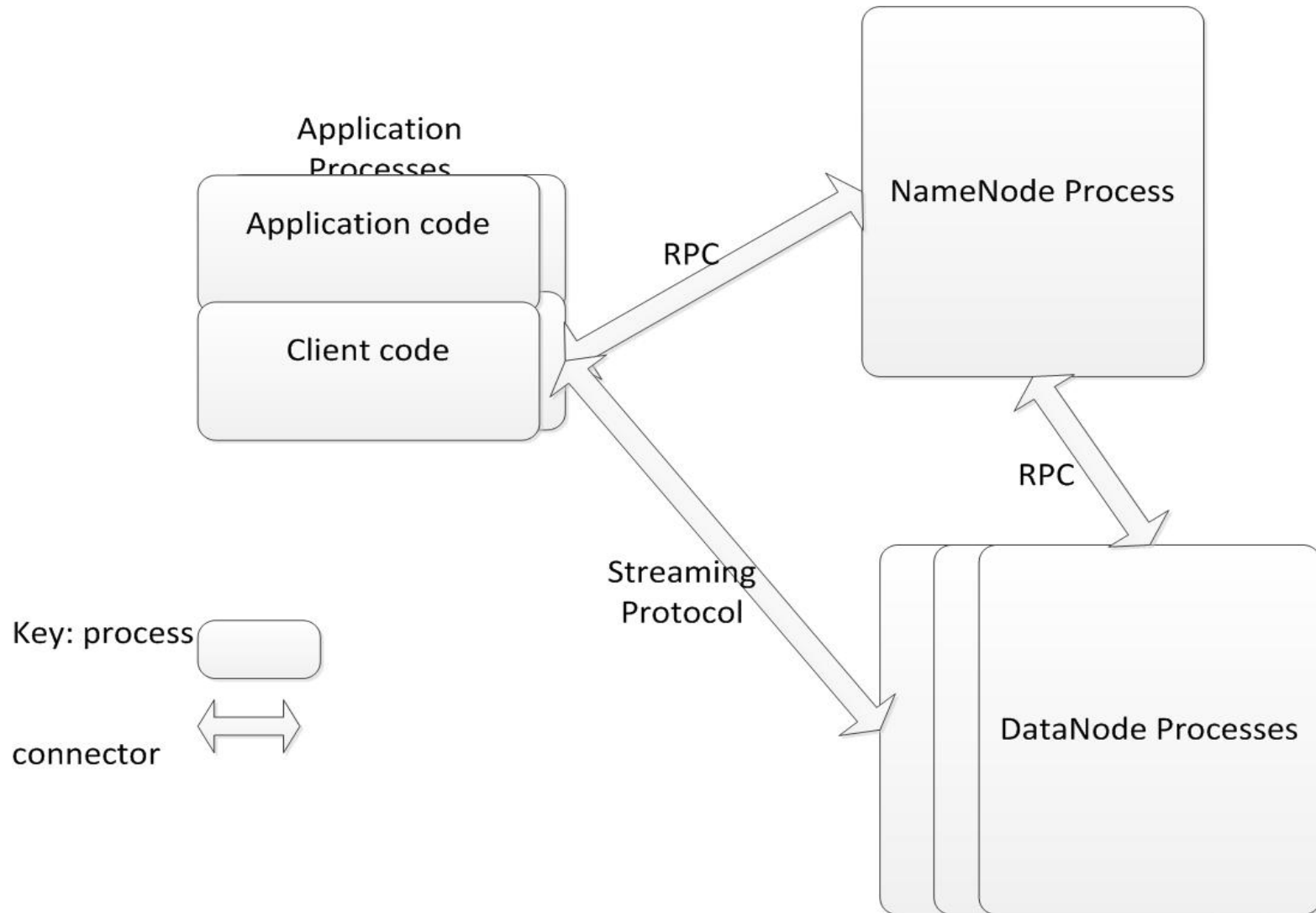
# Strategies

- Make use of redundancy to deploy two of everything: two servers, two load balancers, two switches, two firewalls ...



- Replication

# Data Replication in HDFS



# Security

- Multi-tenancy introduces additional concerns over non-cloud environments.
  - **Inadvertent information sharing.** Possible that information may be shared because of shared use of resources. E.g. information on a disk may remain if the disk is reallocated.
  - **A virtual machine escape** is the process of breaking out of a virtual machine (hypervisor) and interacting with the host operating system
  - **Denial of Service attacks.** One users can consume resources of host server and deny them to other users.

# Summary

- The cloud provides a new platform for applications with some different characteristics.
- Architect needs to know how a cloud cluster works and pay special attention to
  - Security
  - Performance
  - Availability