

高等计算机网络

徐恪

清华大学计算机系

任课教师简介—徐恪

□ 计算机系网络研究所教授、博士生导师

□ 研究方向：

- 计算机网络体系结构与高性能路由器
- 计算机网络服务质量控制
- 物联网体系结构与关键技术
- 计算机网络安全技术

□ 联系方式

- 办公地点：清华大学东门FIT楼4区104
- 办公电话：62603056
- 电子邮件：xuke@tsinghua.edu.cn
- <http://www.netlab.edu.cn>

□ 助教

- 李彤

课程目标

- 深入学习计算机网络体系结构、协议和算法
- 了解掌握计算机网络的最新研究成果
- 学习计算机网络的基本研究方法
- 初步开展计算机网络领域的相关研究

主要教学内容和学时分配

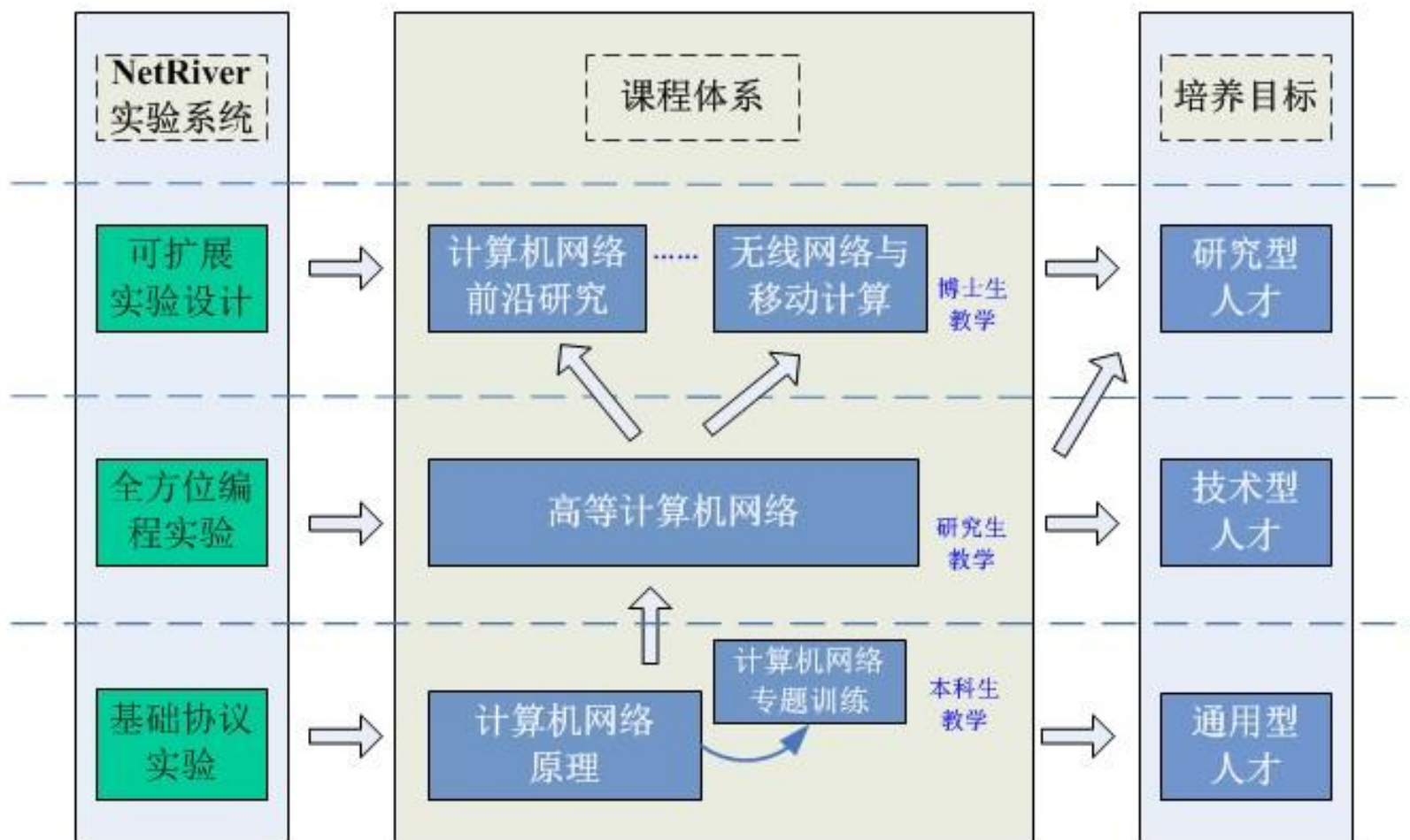
- ❑ 第一章 计算机网络体系结构与Internet（3学时）
- ❑ 第二章 Internet网络层协议（6学时）
- ❑ 第三章 Internet组播（3学时）
- ❑ 第四章 Internet传输层协议（3学时）
- ❑ 第五章 服务质量控制（3学时）
- ❑ 第六章 高性能路由器体系结构（6学时）
- ❑ 第七章 网络安全（3学时）
- ❑ 第八章 应用层网络与P2P（3学时）
- ❑ 第九章 物联网概述（3学时）
- ❑ 第十章 IPv6与新一代互联网（3学时）
- ❑ 课程分组报告(9学时)

教材和参考文献

- 徐恪 吴建平 徐明伟 “高等计算机网络-体系结构、协议机制、算法设计与路由器技术”（第二版），机械工业出版社
- 徐恪 徐明伟 等 “高级计算机网络”，清华大学出版社
- Andrew S. Tanenbaum（著），潘爱民（译）"Computer Networks (Fourth Edition)", Prentice-Hall, 清华大学出版社
- 有多篇相关论文作为补充材料



相关课程



考核方式

□ 作业（30%）

- 阅读**3**篇论文，针对每篇文章写出至少**五百字**的综述和评论
- 评论要有自己的见解，不要简单翻译原文的摘要和结论
- 评论主要着眼于文章的主要创新点和对自己启发最大的地方，以及可能的下一步研究工作

□ 技术专题讨论（20%）

- **2到4**名同学一组
- 选定一技术专题，共同读资料学习技术，并在课上交流

□ 课程项目（50%）

- **6到10**名同学一组
- 选定一开发型的课程项目，并具体实现
- 按照科研论文的格式完成课程报告

时间安排

□ 10月18日之前

- 网络学堂提交项目计划书
- 一页A4纸，说清楚要做什么和怎么做

□ 10月24日之后

- 安排技术专题讨论
- 需提前一周提交讨论PPT（助教），不少于30页

□ 12月26日前

- 网络学堂提交项目报告初稿

□ 2014年1月10日

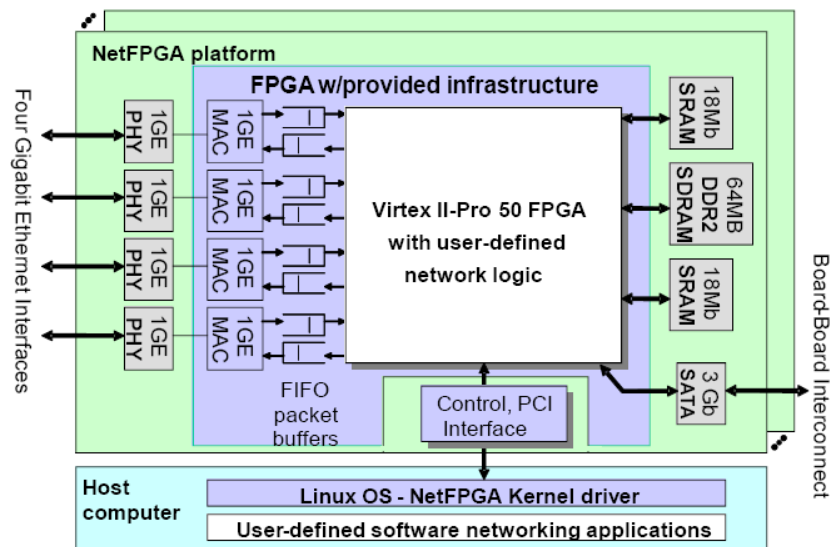
- 网络学堂提交项目报告终稿

NetFPGA简介

□ NetFPGA是一款低功耗的开发平台

- 用于逻辑设计的Xilinx Virtex-2 Pro FPGA
- 用于PCI主接口的Xilinx Spartan
- 2*2.25MB ZBT SRAM
- 64MB DDR2 DRAM
- 4个千兆以太网口

□ <http://netfpga.org/>



基于NetFPGA的IPv6路由器

- 目前已经实现基于NetFPGA的IPv4路由器。
下一代互联网路由器研究中，基于NetFPGA的方案在价格、性能、易用性以及功耗方面具有优势
- 要求：
 - 用Verilog语言实现NetFPGA硬件逻辑
 - 用C语言实现应用层的有关应用

基于NetFPGA的流量监控系统

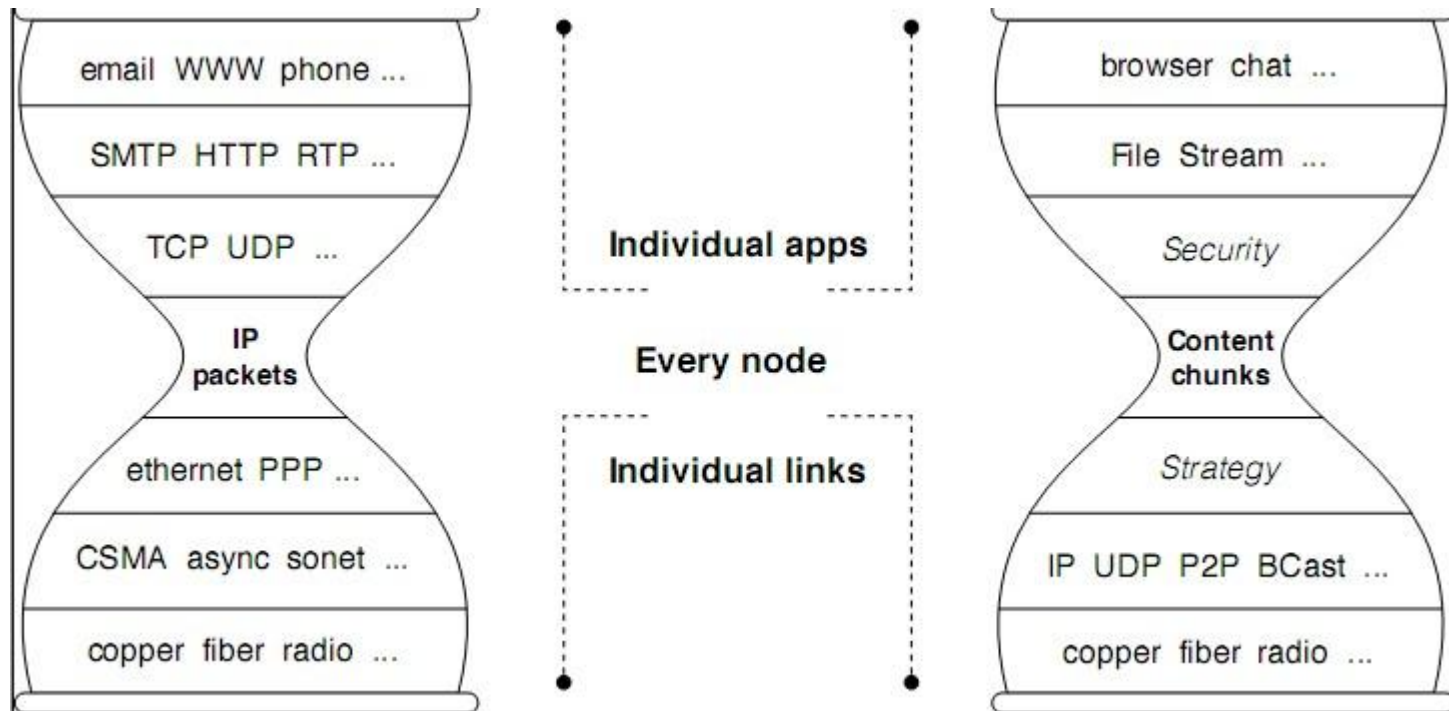
- 流量监控系统作为一种有效的互联网优化的工具，其主要用途包括流量大小与组成情况的监控、流量异常的检测、业务质量参数的统计以及历史记录的检索
- 要求：
 - 实现在高速网络环境下对网络信息的采集与分析（不需要改变硬件逻辑）

基于NetFPGA的防火墙系统

- 传统的防火墙性能与灵活性都不强，不能很好的适用于高速网络。针对这些问题，研究者提出了面向高速网络环境的、基于NetFPGA的防火墙系统
- 要求：
 - 实时提取网络数据包，并对数据包进行深度检测（不需要改变硬件逻辑）

NDN基本原理

- 面向主机 → 面向内容 (*where* → *what*)
 - named host → named data, 以内容为中心
 - 以“content name”定位内容, 不需要地址



NDN试验网络

- 新型网络体系结构研究路线中，NDN属于变革式（**clean slate**），目前已经有NDN试验平台，<http://named-data.net/>。
- 要求：
 - 搭建具有核心功能的NDN网络，实现简单的网络协议
 - 实现类似于NDNVideo的网络文件（视频、音频等）的存取等简单应用

比特币bitcoin

- 比特币（**Bitcoin**），是一种由开源的P2P软体产生的网络虚拟货币
 - 不依靠特定货币机构发行，通过特定算法的大量计算产生，比特币经济使用整个P2P网络中众多节点构成的分布式数据库来确认并记录所有的交易行为。
 - 源代码：<https://github.com/bitcoin/bitcoin>
- 要求：
 - 已存在成熟的源代码，可以尝试通过更改源码来实现一些机制的调整，在一台机器上做仿真或者在多台机器上（或类似planetlab的平台上）做实验，搭建出一个**bitcoin**网络，做一些性能或者安全性的分析

其它课题

□ “众筹”系统

- 在网络协议的更新中，协议开发者可以在开发之前把开发的想法公布出来，用户通过预付费来投票，超过多少钱之后就开始开发，开发出来之后，预付费的用户可以优惠使用。
- 比如开发一个改进的OSPF协议，但是运营商不一定部署。因此，开发团队在开发具体项目之前，可以发布项目想法和预期效果等信息，让用户投票（投资）。用户通过预付费进行投票（投资），总金额达到一定数额后，项目立项成功，就可以进入开发阶段
- 一方面，可解决开发经费问题；另一方面，运营商可以知道想用该协议（产品）的用户数，有市场，也愿意部署

□ 安全“邮盘”

- 百度云、金山快盘、微盘等网络存储服务的容量大战，掀起网络磁盘的热潮。但是用户并不放心将自己的机密文档文件或图片，完整地存放在第三方的服务器上。因此，网盘大部分情况只是供用户存储影视、音像等文件
- 安全“邮盘”指的是通过实现简单的邮件服务协议，开发一套邮件文件管理平台，由用户自主批量申请大量邮箱，用户存放文件时可以将文件压缩成小于50M的文件块，通过数目众多的邮箱之间发送和接收邮件，达到文件分布式存储的目的
- 安全“邮盘”可以实现文件分块存储和容灾备份功能，并可给用户带来心理安全感

□ 其它网络应用开发，如手机应用APP等

建议的技术专题讨论题目

- 新型网络体系结构
 - NDN, Mobility First
- 社交网络
 - 拓扑结构, 信息传播模型
- 大数据
 - 数据获取, 分析与高速处理
- 物联网
 - 节能, 智能家居, 智能医疗等新型应用
- 网络经济学
 - 网络中的博弈分析, 网络定价

网络研究的基本问题 (1)

□ 网络体系结构(Architecture)

- High level design principles that guide the technical design of a system, especially the engineering of its protocols and algorithms

---Dave Clark

- A set of principles and basic mechanisms that guide network engineering

---Bob Braden

网络研究的基本问题 (1)

- ❑ Where and how **state** is maintained, and how it is removed
- ❑ What **entities** are explicitly named
- ❑ How **naming**, **addressing**, and **routing** functions are performed, and how they are related
- ❑ **Modularity** of the protocol stack
- ❑ The strategy used to manage limited network resources (**fairness** and **congestion control**)
- ❑ Where **security** boundaries are drawn and how they are enforced
- ❑ How **management** boundaries are drawn and selectively pierced
- ❑ How (and if) differing **QoS** is requested and achieved

网络研究的基本问题（2）

□ 网络基础理论

- 容量与可扩展性
- 最优化设计
- 控制理论
- 博弈论与机制设计
- 流量模型和网络行为学

□ 网络体系结构

- 网络分层与跨层设计
- 主动网络、应用层网络、无线与移动网络
- 对组播和服务质量的支持
- **IPv6**与下一代互联网

□ 资源管理与分配

- **Quality of Service**
- 拥塞控制
- 流量工程

□ 网络管理

- 失效管理
- 配置管理
- 计费管理
- 性能管理
- 安全管理

□ 网络安全

- 完整性、机密性、可用性

网络研究的基本问题（3）

- 实际问题往往是多个基本问题的组合
 - 移动环境中的组播服务质量路由
 - 无线环境中的**TCP**流量控制
 - 区分服务网络中的**MPLS**
- 同一个问题，不同的环境
 - 拥塞控制（端到端，组播）
 - 组播路由（**IP**层，应用层）
 - 服务质量控制（**IP**层，应用层）
- 问题之间的相互影响
 - 端到端拥塞控制和组播拥塞控制之间的公平性

关于研究的一些认识和体会



□ 王国维先生的看法：做学问的三种境界

○ 昨夜西风凋碧树。独上高楼，望尽天涯路
---晏殊《蝶恋花》

○ 衣带渐宽终不悔，为伊消得人憔悴

---柳永《蝶恋花》

○ 众里寻他千百度，蓦然回首，那人却在，灯火阑珊处

---辛弃疾《青玉案》



关于研究的一些认识和体会



□ 华罗庚先生的看法：数学研究四个层次

○ 照葫芦画瓢的模仿，模仿性的工作

- 实际上就等于做一个习题。做习题是必要的。但是一辈子做习题而无创造又有什麼意思呢？

○ 利用成法解决几个新问题

- 这个比前面就进了一步，利用成法，又通过一些修改，这就走上搞科学研究的道路了

○ 创造方法解决问题

- 这就更进了一步。创造方法是一个重要的转折是自己能力提高的重要表现

○ 开辟方向

- 这就更高了，开辟了一个方向，可以让后人做上几十年，上百年。这对科学的发展来讲就是有贡献

研究的目的是和意义

□ 探索未知的领域

- 扩大对于这个客观世界的了解
- 加深对于这个世界的认识

□ 解决人工系统中的技术难题

- 载人航天、青藏铁路、京沪高铁
- *Internet*

□ 解决问题

- 需求和问题是研究的主要推动力
- 我们必须确认这个问题是重要的



什么是研究的成果

- 论文并不是研究成果的唯一形式，同时也并不一定是研究的最主要成果
- 研究的最主要结果是**人的认识的提高**
 - 研究成果中最有价值的是思想，论文只是思想的一种载体
 - **注意：**无论写的多好，论文都无法全面的表现研究中所获得的思想体会
 - **你要知道梨子的滋味，你就得变革梨子，亲口吃一吃**
——“实践论”毛泽东

2011年国家自然科学二等奖

- 基于非测距的无线网络定位理论与方法研究 刘云浩 等
- 计算机网络资源管理的随机模型与性能优化 林闯 等

计算机网络资源管理的随机模型 与性能优化

- 为解决长期困扰大规模网络资源服务模型中的"状态空间爆炸"和并发访问难以描述的问题，本项目开创性地提出了随机高级Petri网理论，建立并完善了包括建模、分析和求解的理论体系，增强了分布式网络系统并发行为的描述性，有效抑制了分析模型中的状态空间爆炸
- 为刻画有不同服务质量要求的多种业务对异质异构资源的访问，本项目提出了通用多队列多服务器模型和分析框架，引入精化、分解、压缩和聚合等概念，为多样的业务需求描述提供了一种模型化方法
- 基于资源服务模型和业务需求模型，综合应用控制论和随机优化等基础理论，本项目以流媒体等互联网主流业务为主要研究对象，从覆盖网络和传输网络两个层面对若干典型的计算机网络应用进行了资源与需求最佳配置的研究工作，为解决网络资源的优化管理提供了一系列具有普遍意义的新思路和新方法

研究的过程

□ 问题是研究的主要源头

- Problem (or requirement) driven

□ 一般研究的过程

- 发现问题，分析问题，解决问题

□ 关于研究水平的一个说法（沈向洋）

- 一流高手提问题，二流高手解问题，三流高手抄问题
- 那些已经清楚定义的问题，往往研究空间很小，研究难度很大

网络研究的基本方法

- 文献阅读
- 选题
- 模型与实验
- 论文撰写
- 论文宣读与交流

网络研究的基本方法—文献阅读

- 了解新领域，应该从综述论文入手
 - ACM Computing Surveys, IEEE Communications Surveys and Tutorials
 - Proceedings of the IEEE
 - Communications of the ACM, IEEE Computer
 - IEEE Personal Communications, IEEE Communications Magazine, IEEE Network
- 文献阅读
 - 泛读与精读相结合
 - 做阅读笔记，注意总结

网络研究的基本方法—文献阅读

□ 通过顶级国际会议了解最新的研究成果

- SIGCOMM, INFOCOM, MOBICOM, MOBIHOC, SIGMETRICS, GLOBECOM, ICNP

□ 充分利用网络资源

- 图书馆电子资源 (IEEE, ACM全文库)
- www.google.com
- scholar.google.com

网络研究的基本方法—文献阅读

- 泛读
 - 标题、作者、摘要
- 论文在你的研究领域之内，或者你有兴趣
 - 引言、动机、方案描述、结论等
- 正好和你的研究兴趣匹配，或者你觉得论文中的问题值得进一步研究
 - 精读整篇论文
 - 完成阅读笔记，重点记对自己的启发

网络研究的基本方法—文献阅读

- 作者和研究小组
 - 可以进一步关注后继的研究成果
- 方案的主要思想
 - 以后需要更多信息时可以迅速找到这篇论文
- 性能评价的方法
- 注意发现方案存在的弱点
 - 适用范围，应用环境，实现复杂度等等

网络研究的基本方法—选题

- 寻找研究热点问题
 - 看会议论文集集中论文的分布
 - 注意领先的研究小组的研究方向
- 善于利用前人的工作
(林闯老师“做研究和写论文”)
 - 以强补弱——综合优点
 - 张冠李戴——方法借用
 - 移花接木——学科交叉
 - 锦上添花——扩充外延
 - 吹毛求疵——不足突破
- 和科研项目结合

网络研究的基本方法—选题

- 要认真考虑问题的定义
 - “Nobody will be impressed if you set the bar too low and jump over it. Nobody will be impressed if you set the bar too high and don't jump over it.” -Dave Redell

网络研究的基本方法—模型与实验

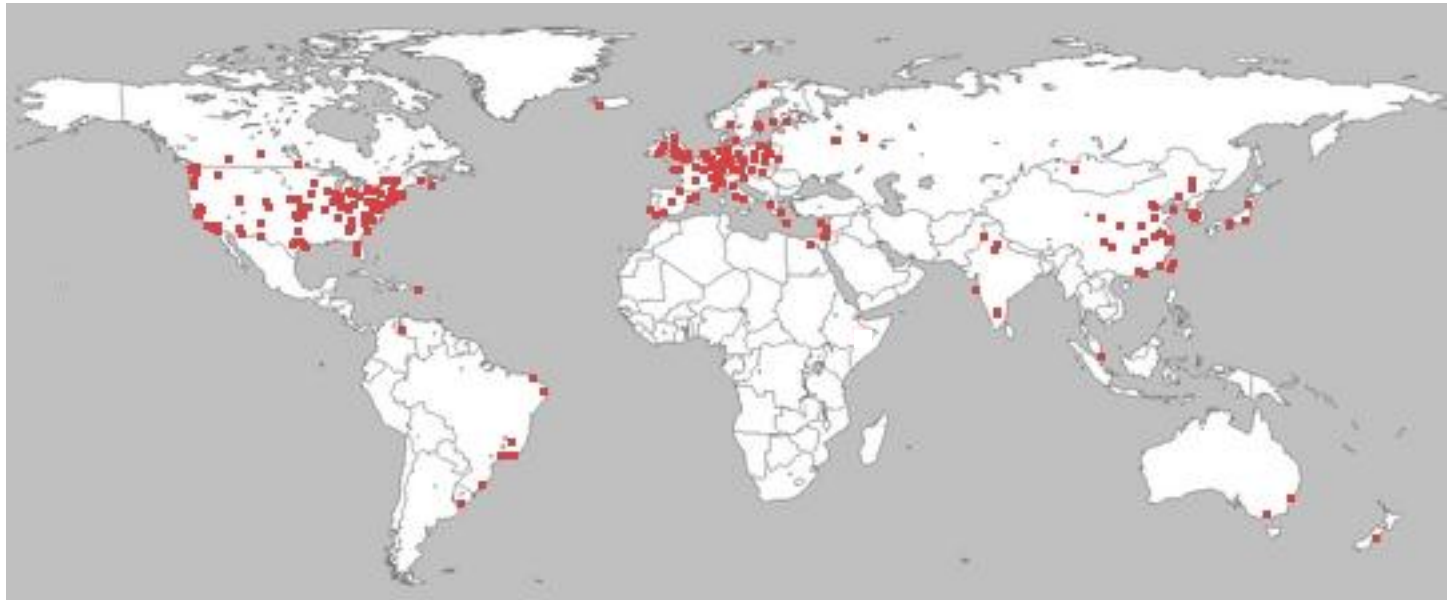
□ 模型

- 性能模型：排队论，Petri网
- 形式化模型：自动机，SDL
- 数学模型：优化理论，控制理论，图论，网络微积分，博弈论

□ 实验

- 测量、模拟、仿真和实现
- 算法研究中，模拟最方便，ns-2， ns-3 ， MATLAB
- 协议研究需要仿真和实现，PlanetLab

PlanetLab



- 800+ machines spanning 400 sites and 40 countries
- Supports *distributed virtualization*
each of 600+ network services running in their own *slice*

网络研究的基本方法—论文撰写

- 题目—简明扼要
- 摘要—论文的主要贡献
- 引言—论文要解决的基本问题和其主要意义
- 相关工作
 - 该问题目前主流的解决方案
- 方案论述
 - 数学模型和公式推导
- 分析评价
 - 模拟或者分析数据
 - 和主要的相关工作进行比较
- 结论和进一步的研究工作

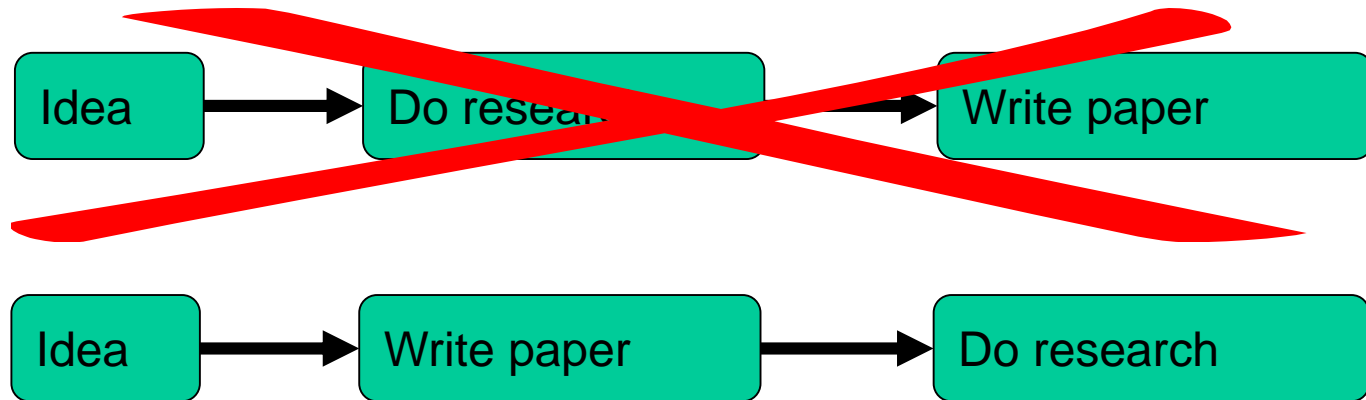
论文结构

(conference paper)

- Title (1000 readers)
- Abstract (4 sentences, 100 readers)
- Introduction (1 page, 100 readers)
- The problem (1 page, 10 readers)
- My idea (2 pages, 10 readers)
- The details (5 pages, 3 readers)
- Related work (1-2 pages, 10 readers)
- Conclusions and further work (0.5 pages)

Simon Peyton Jones, Microsoft Research

Writing papers



- 明确idea后，先写论文，充分阐述idea，看是否能吸引审稿人和读者，并设计模型，仿真，实验等方法
- 针对部分完成的论文，开展研究工作
- 做研究和写论文同步推进

网络研究的基本方法—论文宣读

□ 投稿国际会议

- 参加会议宣读论文
- 和与会专家讨论
- 根据讨论意见对论文进行完善和提高

□ 投稿高水平的期刊

其他资源

- 加州伯克利大学的Scott Shenker和Ion Stoica教授的研究生网络课程
 - <http://www.cs.berkeley.edu/~istoica/classes/cs268/10/>
- 麻省大学Don Towsley教授的研究生网络课程
 - <http://www-net.cs.umass.edu/cs653/>

□ Q and A