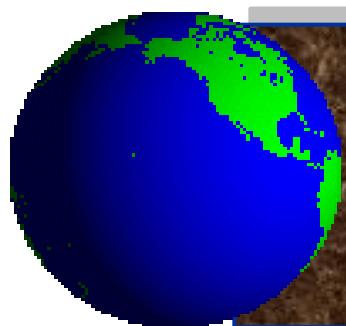


近年来信息科技的几件趣事



李国杰
中国科学院计算技术研究所
2012.04

1. 从“红气球”比赛谈起 ——关于社交网络和未来互联网

发现“红气球”

- 为了庆祝互联网诞生40周年，DARPA开展一次有趣的比赛：在2009年12月5日上午，10个2.4米大的红气球被工作人员在全美放出，漂浮在四五十米的空中。下午6点后，气球又被取下销毁。如果哪个队伍能够在最短的时间内准确报告全部10个气球的经纬度，并且误差在一公里之内，便可以赢得4万美元的奖金。



- MIT巧妙地组织了5000多人队伍，没有多花费一分钱，在短短9个小时内就找到了所有的气球，准确报告全部10个气球的经纬度。
- 赢者制定的策略是：如果一位网友找到了气球，他可以得到2000美元；如果一位网友介绍了他的朋友并找到了气球，那么除了他朋友得到2000美元之外，这位网友也可以得到1000美元；如果网友的朋友A同时介绍了A的朋友B加入我们，而且B找到了气球，B可以得到2000美元，A得到1000美元，而这位网友也可以得到500美元，依次类推。

“红气球”比赛的意义 ——社交网络的魅力

- 发起这项活动旨在评估通过互联网传播信息的准确性，并研究人们如何通过互联网进行自我组织、传播信息以及处理社交网络中的信任危机等问题。更重要的意义在于研究社交网络时代的人们如何利用网络与陌生人结成团队，达成共同目标。
- DARPA提前一个月就发布了比赛消息。“气球猎人”纷纷在美国最知名的社交网站“脸谱”（Facebook）、微博客Twitter上设立专题主页宣传自己的寻宝团队，吸引更多网民加入寻找红气球的队伍。
- “红气球”的人肉搜索模式可改变社会搜寻失踪儿童或追踪恐怖分子的方式。

社交网络改变生活方式

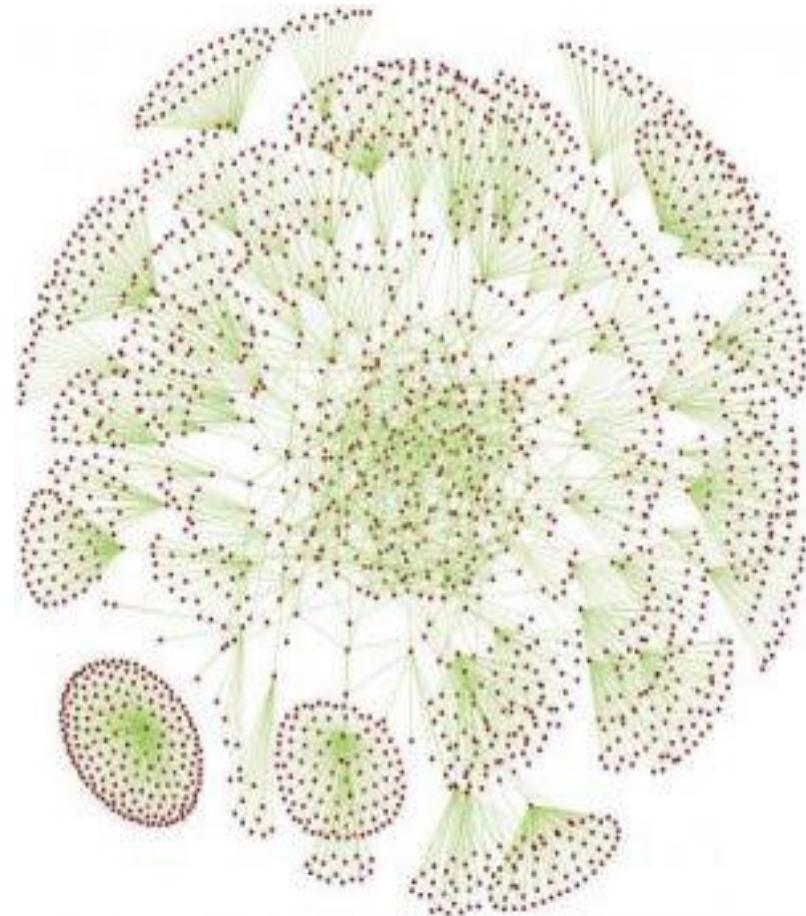
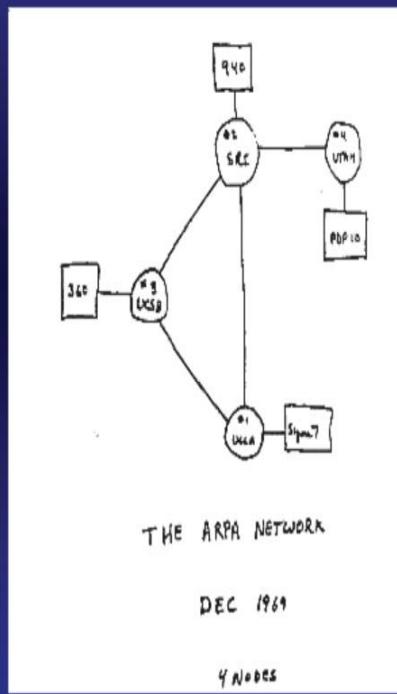
- 六度分隔理论（小世界理论）
- 将线下生活的更完整的信息流转移到线上进行低成本管理，让虚拟社交越来越与现实世界的社交相融合，形成人机物融合的三元世界。
- 网络社交已经承担大部分传统社交的作用。“非接触型”社交占人类社交80%以上。（网络原住民和移民）
- Facebook今年5月将IPO正式交易，预计融资50亿美元，打破Google 的记录（19亿美元），Facebook以近千亿美元的估值，超过中国工商银行220亿美元的上市估值。
- 个人隐私保护和教育未成年形成正确的“网络观”是发展社交网络服务产业需要重视的问题。

2011年全球互联网数据

- 31.46亿——全球电子邮箱总数。
- 112——普通企业用户平均每天收发的电子邮件数。
- 71%——垃圾邮件在全球电子邮件流量中的占比(2011年11月)。
- 5.55亿——网站总数(2011年12月)
- 3亿——2011年新增网站数
- 2.2亿——全球域名总注册量(2011年第三季度)
- 21亿——全球网民总数
- 9.2亿——亚洲网民总数
- 4.85亿——中国网民总数，位居全球第一
- 36.3%——中国网民渗透率
- 8亿以上——截至2011年底的Facebook用户总数
- 1万亿——YouTube的视频播放次数
- 2014亿——每月观看的网络视频数(2011年10月)。

互联网的巨大变化

开放的互联网 第一张互联网结构的草图



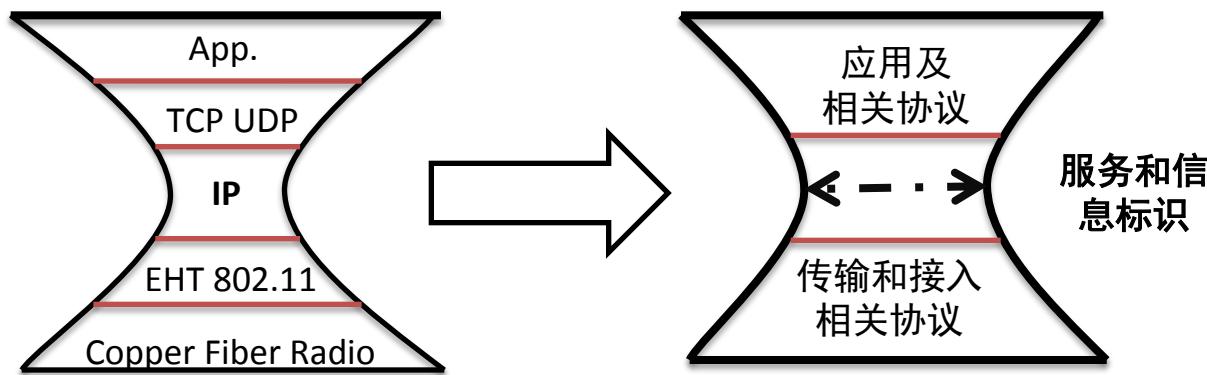
美国NSF的未来互联网项目

NSF FUTURE INTERNET ARCHITECTURE PROJECT (2010)

- Named **Data** Networking (Lixia Zhang, UCLA)
 - Moves from today's focus on "where" to "**what**"
- **Mobility** First (Dipankar Raychaudhuri, Rutgers University)
 - Generalized delay-tolerant networking (GDTN)
- NEBULA (Jonathan Smith, University of Pennsylvania)
 - Creating a **cloud-computing**-centric architecture
- eXpressive Internet Architecture (Peter Steenkiste, Carnegie Mellon University)
 - Inherent support for communication between current communicating principals while **accommodating** unknown future entities

互联网“细腰”结构

- “细腰”结构是层次化协议栈演化的必然结果。TCP/IP结构把IP作为“细腰”是因为IP是计算机的标识，而网络看作是计算机的互联



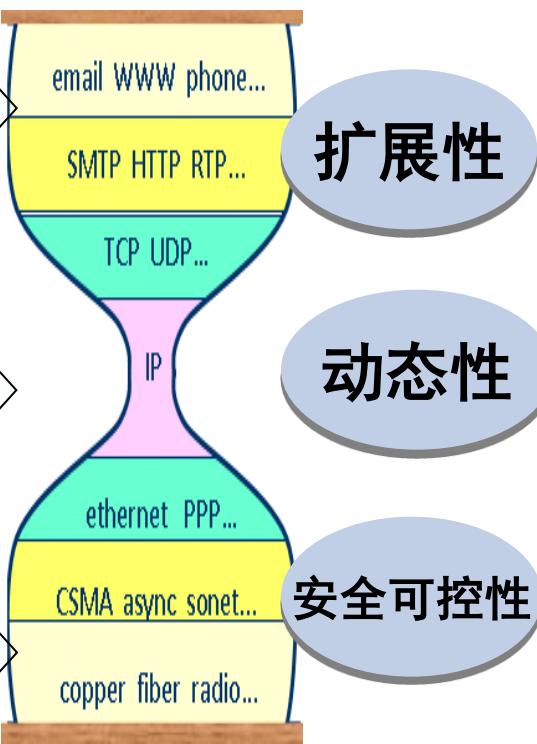
- 网络逐渐成为信息和服务的互联，**信息和服务的标识**应该成为**体系结构相对稳定的部分**，即新的“细腰”。把“细腰”在协议栈上向上移，将有利于体系结构的演进

中科院计算所未来互联网研究概况

需求与趋势



问题

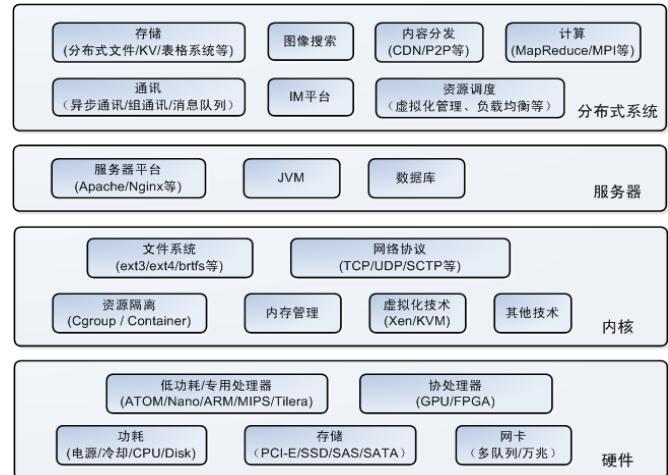
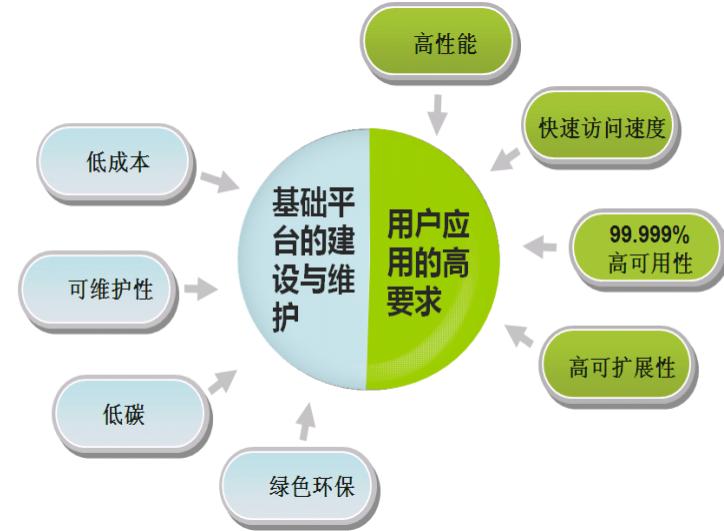


计算所未来网络研究



云计算平台的创新空间很大

- IBM小型机+Oracle数据库+EMC高端存储（IOE方案）曾经是数据处理的“黄金组合”，现在已成为云计算后端的瓶颈（高成本、难扩展）
- 在过去二年里，淘宝数据库采用新的优化设计替代了IOE方案，**成本降低了10倍，性能增加了7倍，每个请求时延降到到几百微秒，确保了现有架构能够支撑未来几年的云计算业务发展。**



且莫迷恋互联网

- 互联网带来无限信息的同时，也让人陷入两个错觉：一是以为看过的知识就是已经掌握的知识；二是觉得始终有大量未看过的知识亟待补充。这将导致知识的收集和整理被无限延长，知道的远大于做到的。
- 英国一份统计显示，仅有33%的青少年知道如何衡量网上信息的可靠性，这意味着有三分之二的人不假思索地接受一大堆垃圾信息。
- 信息必须嵌套在强大的概念体系中才能变为知识。迷恋网络搜索会不会使人变愚笨？

2. IBM 沃森计算机战胜人类冠军 ——大数据科学与人工智能的春天

IBM沃森计算机战胜人类冠军



- 2011年2月14日，IBM的超级电脑“沃森”参加王牌问答节目《危险边缘》并赢得比赛。
- 《危险边缘》是美国最流行的知识问答节目之一，题目涵盖了时事、历史、艺术、流行文化、哲学、体育、科学、生活常识等等，而且节奏极快。（类似开心辞典）

- 音乐迷对这位匈牙利人的超练习曲充满了极大的热情。 --李斯特
- 米洛拉德•查维奇几乎破坏了这个人的完美2008奥运，仅仅输给这个人百分之一秒。 --菲尔普斯
- 这是米开朗基罗画在西斯廷小礼拜堂里的一个壁画，它描绘了被救赎的和被诅咒的人。（最后的审判）
- 这个语言的方言包括吴语，粤语和客家话（中文） --沃森答广东话

沃森计算机的规模与性能

- 沃森是由25个IBM科学家花了4年时间研制出来的。其内存达到15TB，有2880个处理器，每秒运算速度达到80万亿次浮点运算。
- 这台超级计算机有10个冰箱那么大，大约消耗80千瓦电能。



- ‘沃森’的能力大约是‘深蓝’的1000倍。搜索的准确率（一个答案）约为85%。Google等搜索引擎目前准确率不到10%。
- IBM与Nuance公司共同宣布将开展一项研究计划，以探索和开发“沃森”计算系统在医疗保健行业的先进分析能力，并将之商业化。

与计算所“机器博士”对话的例子

Q（人）：世界第一强国是哪国？

A（计算机）：你的话有点笼统。世界上地理第一大国俄罗斯，经济第一大国美国，人口第一大国中国。

Q：美国厉害还是俄国厉害？

A：美国跟俄罗斯打核战争的话，俄罗斯占上风，因为美国没有俄国大；打常规的话就是美国占上风。如果俄国侵略美国那美国占上风，如果美国侵略俄国那就是平手，主要原因就是美国的进攻武器先进，我想这都知道。

Q：猪八戒比孙悟空好在哪里？

A：我不觉得那只猪，哪点比悟空好，社会上先前所提出的觉得猪好的观点，我觉得是种误导了，正因为社会上像猪巴戒那样的人太多了，所以搞得一点正气也没有！

与计算所“机器博士”对话的例子

Q：北京房价现在是多少？

A：北京房价差异很大 看你买哪个区域的房子了。建议上安居客网站 和搜房网看看，那里可以找到你要买房区域的价格。

Q：龙芯是谁发明的？

A：是胡伟武领导的，不能说是发明，应该说是他们设计的，是美国发明的芯片电路。

Q：哪一届奥运会最精彩？

A：我个人感觉第28届奥运会最精彩，因为在奥运会田径历史上亚洲人首次登上了百米赛道的最高领奖台上了，而且还是我们中国人，这是一个伟大的历史瞬间，值得我们每一个人去高兴和自豪。

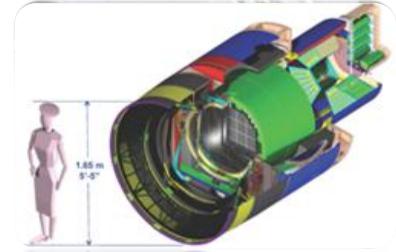
什么是大数据？

- 大数据
 - 超过传统数据库系统处理能力的数据（维数无上界）
- 大数据的特性
 - 体量大：PB、TB、EB、ZB级别的数据量
 - 种类多： 包括了文档、视频、图片、音频、关系数据库、非结构化数据等
 - 增长速度快：数据生产速度很快，指数级增长；
- 涉及多个领域
 - 包括天文、气象、基因、医学、经济、物理、互联网等



大数据的规模示例

- 过去**5年**新产生的信息量超过人类过去**4万年**获得的信息量
- EMC 公司估计，2011年全世界的信息总量已达**1.8ZB**
($1\text{zetta} = 10^{21}$) ,**5年增长9倍**，2012年将达**2.7ZB**。75% 的信息由个人产生。
- 互联网数据：
 - Facebook：用户超8亿，每月上传**10亿照片**，每天生成**300TB日志数据**
 - 淘宝：有**3.7亿会员**，在线商品8.8亿，每天交易数千万，产生**20TB数据**
- IBM估计：
 - 全球每天生成 $2.5\text{EB}=2.5 \times 10^9\text{GB}$ 数据，90%的已有数据是过去两年生成的



facebook

淘宝网
Taobao.com

大数据的价值



- 科研价值
 - 1998 年图灵奖得主、数据库技术奠基人 Jim Gray 认为数据驱动的研究将是第四种科学研究范式

• 行业应用

Data is the next “ Intel Inside” . The future belongs to the companies and people that turn data into products.

----著名出版公司O'Reilly的创始人Tim O'Reilly

- 地理和社会信息的分析能提升对客户的理解
- 二次开发：创造出新产品和服务。例如Facebook通过结合大量用户信息，定制出高度个性化的用户体验，并创造出一种新的广告模式

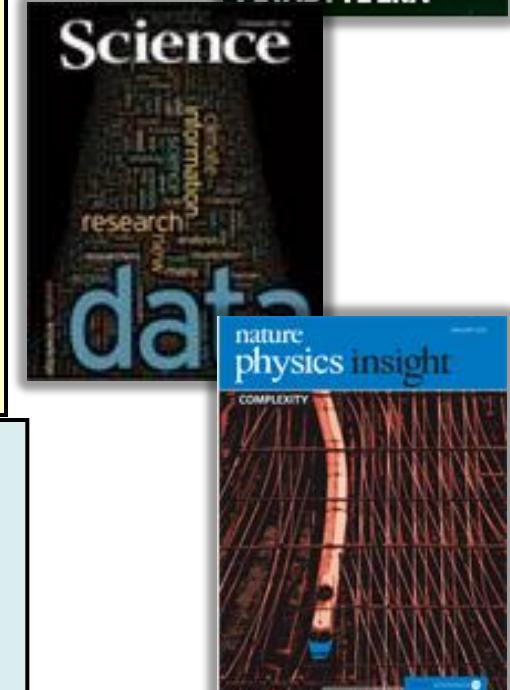
• 社会价值

- 例如：2009年淘宝网推出淘宝CPI来反映网络购物的消费趋势和价格动态



大数据研究是国际学术前沿

- 2008年, **Nature**出版专刊“**Big Data**”,
 - 从互联网技术、互联网经济学、超级计算、环境科学、生物医药等多个方面介绍了大数据所带来的技术挑战
- 2011年, **Science**刊登专刊“**Dealing with Data**”
 - 讨论了数据洪流(Data deluge)所带来的挑战,也特别指出人们将得到更多的机会发挥科学技术对社会发展的巨大推动作用
- 2012年, **Nature Physics**上出版专刊“**Complexity**”
 - 特别指出大数据为科学研究,特别是复杂性科学的研究提供了史无前例的机遇



第四范式—大数据科学

- 2012年3月29日，美国奥巴马政府发布了《大数据研究和发展倡议》，拨款**2亿美元**。
- 数据科学（DataScience）主要有两个内涵：一个是研究数据本身（**data-nature**）；另一个是为自然科学和社会科学研究提供一种新方法—科学研究的数据方法。
- 信息科学是关于**算法**的科学，数据科学是关于**数据**的科学。数据科学把数据当成一个“自然体（数据界）”来研究，也就是把computer science 正式划归为自然科学。
- 大数据研究方法不同于计算机模拟。由于数据量特别大，往往**事先没有“假设”和模型**，直接从海量数据中发现知识和规律。（计算所做的维-汉翻译、泰-汉翻译）
- 5月下旬的“大数据科学”香山会议。

智能技术已经进入开花结果阶段

- 引起人工智能复兴的重要原因是采用了概率性程序技术，它在旧有AI的逻辑基础上加入统计概率的应用。
- 2011年3月在《Science》期刊上发表J.B.Tenenbaum等几位认知科学的权威学者联名写的长文“*How to Grow a Mind: Statistics, Structure, and Abstraction*”，阐明分层贝叶斯统计模型（HBM）在人类认知中关键作用，进一步推动了统计方法与传统逻辑推理的结合。
- 人工智能研究的目的**不是为了增加机器的智能**，而是为了人类生活得更幸福。
- 信息科学技术的根本性突破可能要取决于脑科学的进展，一旦智能科学取得大的突破如**语义理解**），必将引起信息技术的一场**革命性变革**。

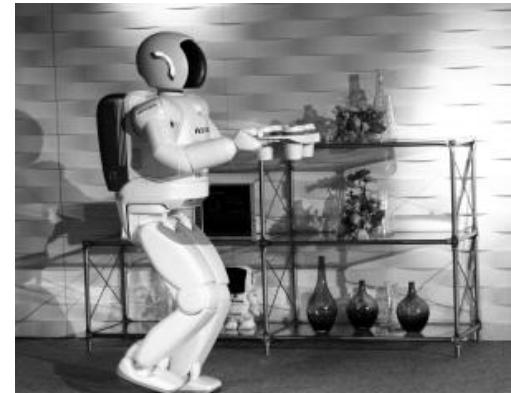
各式各样的机器人



救护机器人



主持机器人



招待机器人



婚礼机器人



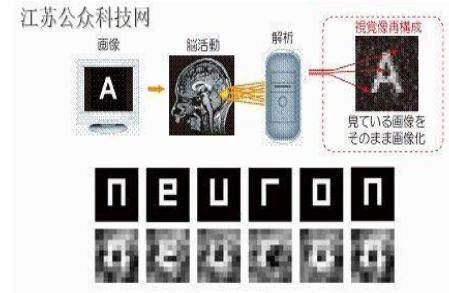
护理机器人



世博会机器人

意念控制和读脑术

- 清华研制成功脑机接口系统（电极帽）可用思维踢足球（脑电波解读技术处于世界领先水平）
- 美国加州大学伯克利分校读脑实验：学习1000多张图片后，从120张新测试图片中随机给受试者看某张图片，然后用计算机猜测出受试者看到的是哪一张，正确率高达92%。
- 日本科学家让受试者分别看了方块、十字和X等图形，以及neuron六个英文字母，根据大脑活动记录，计算机可画出看到图形和文字。



3. 从苹果公司的崛起能学到什么



苹果公司的现金超过美国政府

美国政府		Apple公司
1776年	建立时间	1976年
1.545亿人	工作人员数	4.94万人
738亿美元	2011.7.29运营现金余额	762亿美元
448亿美元	2011.7.29资产	463亿美元
8.8 万亿美元	债务	0
奥巴马	领导人	乔布斯
中国	最大的债权国	最大的制造国



全球公司排名

品牌价值TOP10公司

- 1. Apple \$1530亿美元
- 2. Google \$1110亿美元
- 3. IBM \$1000亿美元
- 4. McDonald \$810亿美元
- 5. Microsoft \$780亿美元
- 6. Coca Cola \$730亿美元
- 7. AT&T \$700亿美元
- 8. Marlboro \$670亿美元
- 9. China Mobile \$570亿美元
- 10. GE \$500亿美元

全球品牌研究机构

Millward Brown 2011年5月评出

最具创新力公司

- 1 苹果 (Apple)
- 2 Twitter
- 3 Facebook
- 4 尼桑 (Nissan)
- 5 Groupon
- 6 谷歌 (Google)
- 7 Dawning Information Technology (曙光)
- 8 Netflix
- 9 Zynga
- 10 Epocrates
著名科技杂志 Fast Company

全球IT公司市值排名 (2010-2011年)

按市值排序

单位

亿美元

序号	IT十强	市值	销售收入	利润	研发投入	资产	利润率
1	苹果	3247.2	652.25	140.13	17.82	751.83	21.5%
2	微软	2175.4	624.84	187.6	87.14	861.13	30%
3	IBM	2022.7	998.7	148.33	60.26	1134.52	14.9%
4	谷歌	1902.7	293.21	85.05	37.62	578.51	29%
5	甲骨文	1656.7	268.2	61.35	32.54	615.78	22.9%
6	英特尔	1163.5	436.23	114.64	65.76	631.86	26.3%
7	三星电子	1146.0	1380.85	144.17	81.26	548.33	10.4%
8	思科	1001.7	400.4	77.67	52.73	811.3	19.4%
9	惠普	917.5	1260.33	87.61	29.59	1245.03	9.5%
10	高通	904.1	109.91	32.47	25.49	305.72	29.5%

- 7年之内，苹果公司的市值增加近40倍

苹果公司的创新史

- 苹果公司的历史就是一部创新史，苹果将创新发挥到极致，苹果的产品已经不是一个电子产品，而是一种精品文化的代名词。
- 2003年苹果公司推出iTunes，这是苹果历史上最具革命性创新的产品，iTunes是苹果的创新枢纽。苹果公司不仅仅是靠卖产品赚钱，还通过卖音乐赚钱（占领音乐播放器近90%的市场）。
- 2007年，苹果公司发布iPhone，掀起了一场手机革命。在2008年推出了App Store（又是软件带动！）程序总量超过20万款，总下载量超过30亿次！
- 2010年初，苹果又推出iPad，占领2010年平板电脑80%以上市场。

苹果公司的商业模式创新

- 商业模式由四个密切相关的要素构成：**客户价值主张、赢利模式、关键资源和关键流程**。客户价值主张是指你能为客户带来什么不能替代的价值，赢利模式是指你如何从为客户创造价值的过程中获得利润，关键资源是指企业内部如何汇聚资源来为客户提供价值，关键流程则是指企业内部制度和文化以实现其客户价值。
- 苹果真正的创新不是硬件层面的，而是让数字音乐下载变得更加简单易行，开创了将硬件、软件和服务融为一体的新**商业模式**。改变了音乐播放器产业和音乐唱片产业。
- 高成长的公司对于赶超或打败竞争对手并不感兴趣，他们真正感兴趣的是**创造与众不同的市场**！

从“inside”到“outside”

- 长期以来，“Intel Inside”是掌握核心技术的标志，是部件支配成品（部件主导型）的商务模式。近两年，Apple Outside 更受关注，即成品支配部件模式。所谓“核心技术”并不是企业成败的全部因素。
- 关注“Outside”实际上是重视系统性的创新，产业链的创新，开放与封闭的安排是企业的关键战略。目前，网上对苹果公司一片赞扬声，但历史上苹果公司因过度封闭失败多次，现在的开放程度也不够。
- 英特尔通过部件掌握主导权，苹果通过成品掌握主导权。能否掌握主导权取决于如何与其他层面相互协调。英特尔与上位层面的OS(微软)连动，靠Wintel 联盟制胜（现在已趋向瓦解）。苹果则与上位层面（iTunes）上的内容提供者连动，而在下位层面提供iOS上的软件开发规则，设置开放域，以充实第三方的软件。

世界电信运营商比较

2011年7月	营业收入（亿美元）	利润（亿美元）	市值（亿美元）
AT&T	1246.29	198.64	1682.4
NTT	1203.157	59.502	703.5
Verizon	1065.65	25.49	1013.5
DT	826.74	22.45	1980.9
Telefonica	804.438	134.65	1132.6
China Mobile	766.733	97.331	1920.7
Vodafone	713.44	123.893	1482.1
FT	619.649	64.634	542
KDDI	401	29.787	
China Telecom	384.693	4.435	532.2
Telecom Italy	368.545	41.336	
BT	317.957	23.354	262.3
China Unicom	260.25	1.814	457.1

从市值/营业额看发展趋势

	市值	年收入	时间
Microsoft	2448	398	0506
	2158	625	1107
Google	1185	61	0512
	1858	293	1107
Yahoo!	380	53	0512
	222	63	1107
eBay	354	46	0512
	412	92	1107
Amazon	143	85	0512
	771	340	1107
总计	4510 / 642 = 7.02		
	5421 / 1413 = 3.83		

Facebook: 700/40=17.5;

Twitter: 70/1.5=46.7;

Baidu: 462/12=38.5.

	市值	年收入	时间
Vodafone	1284	413	0603
	1482	713	1107
China Mobile	1206	309	0512
	1920	767	1107
AT&T	1080	439	0512
	1682	1246	1107
Verizon	951	751	0512
	1014	1066	1107
Telefonic	783	426	0412
	1133	804	1107
总计	5303 / 2338 = 2.27		
	7231 / 4596 = 1.58		

China Unicom: 391/260=1.50

China Telecom: 532/385=1.38



“中国制造”实为“世界制造”

190美元的30GB视频iPod产品收入分配	在美国销售		在美国之外销售	
价值链	苹果公司	其他企业	苹果公司	其他企业
苹果公司的毛利（开发、软件、市场）	\$76		\$76	
器件供应		\$35		\$35
制造（组装、测试）		\$4		\$4
分销		\$30		\$30
零售	\$23	\$22	\$11	\$34
总收入	\$99	\$91	\$87	\$103

“中国作为全球组装笔记本PC和iPod最多的国家，从这两种产品中所获得的价值非常少，尽管有少数中国品牌（例如联想和华为）成功，但中国的角色仍然只是为支持获得更多创新价值的企业提供廉价劳动力”。

来源：Capturing Value in a Global Innovation Network: A Comparison of Radical and Incremental Innovation, Personal Computing Industry Center, Sep.2007

美国从中国少进口一个iPod，中国外贸下滑150美元但其中只有4美元是中国的附加值。

来源：美国《外交政策》网站，2009年6月10号



4. 欧盟投资20亿欧元的候选旗舰项目 ——“活的地球模拟器”

欧盟FET Flagship Pilot 预选的6个项目

- **FuturICT** （活地球模拟器，知识加速器和危机缓解系统）
- **Graphene** （石墨烯新材料，能代替硅成为21世纪信息技术的基础材料）
- **Guardian Angels** （智慧地球的守护天使，纳米级传感器技术，可植入人体，不需要电源，依靠周围配套设施获得电力，未来的手机、平板电脑等可以不用电池）
- **HBP** （人脑工程技术，模拟和理解人类大脑所需的信息学、建模和超算技术，研究人脑的低能耗、高效率）
- **ITFoM** （未来医学：分子建模、老龄化与药物安全）
- **CA-RoboCom** （伴侣型机器人，研制具有一定感知、交流和情感表达能力的仿真机器人，为人类特别是小孩和老人提供无微不至的服务）

“活”的地球模拟器

Living Earth Simulator

- 欧盟6个旗舰预选项目之一 FutureIC-T。旗舰计划支持两个为期10年大项目，每个项目经费10亿欧元（预启动150万）
- 可以复制地球上发生的任何事情，从全球天气模式到疾病的传播、国际金融交易，再到交通拥塞等。
- 加强对地球上所发生的所有事情的科学认识，提高对人类行为及环境力量的理解能力。科学家认为，“活地球模拟器是社会科学领域的“**知识对撞机**”，相当于物理领域的“**大型强子对撞机**”。
- “活地球模拟器”必须吸收海量数据，而且要理解这些数据的含义需要采用“**语义网**”技术。必须要有足够强大的计算能力，拥有强大预测能力的理论，研制出更好的检测社会状态的方法。
- 构建 techno-socio-economic-environmental systems.

Ambitions of FuturIcT



Living Earth Simulator

Fundamental ICT Challenges

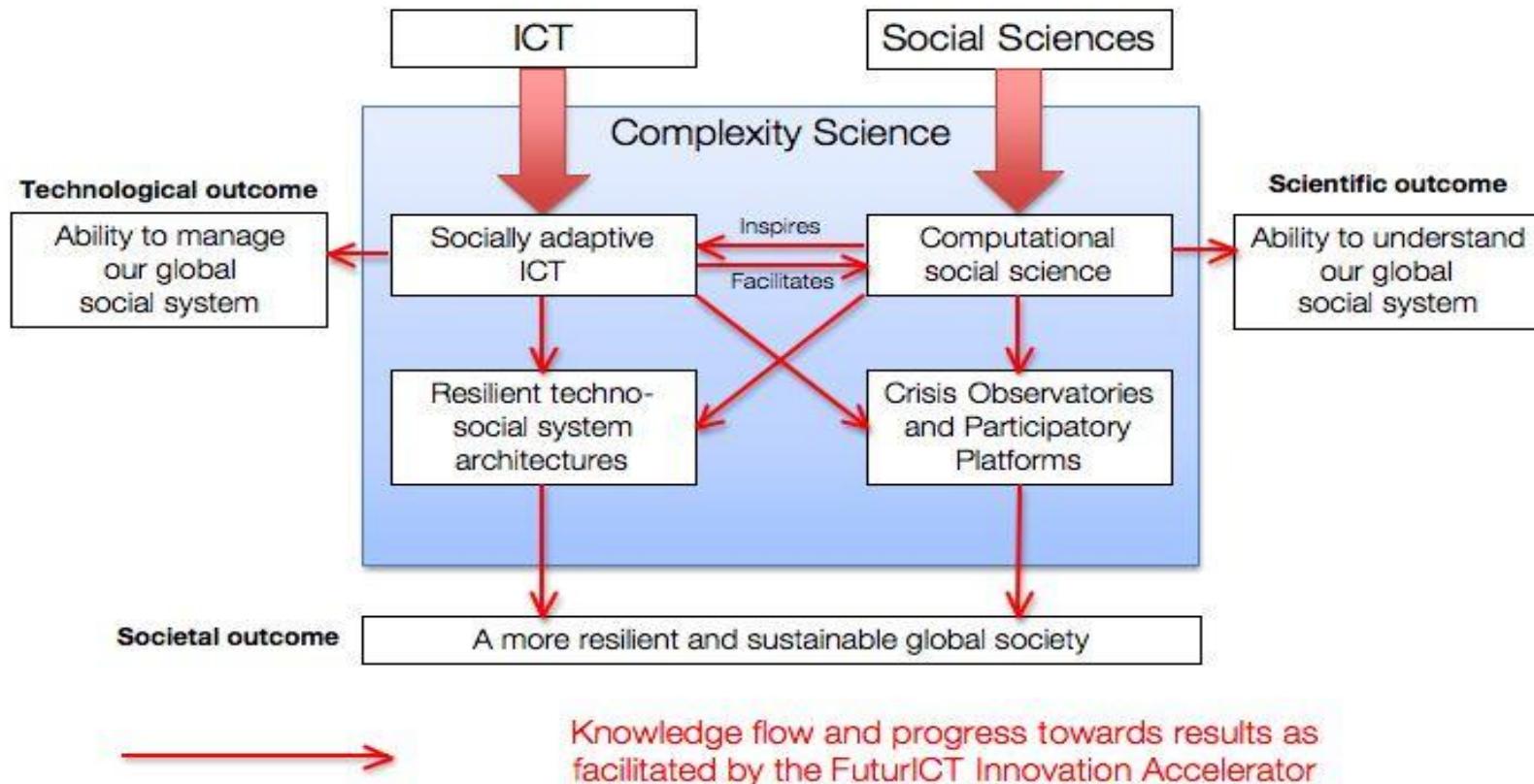
- Exascale Computing
- Highly Decentralized and Peer-to-Peer Systems
- Zero-Delay Reality Mining
- Swarm Computing
- Social Computing
- Social Information Theory

Applied ICT Challenges

- User-Oriented ICT Systems
- Data Collectors
- ICT-Empowered Systems Modeling
- Evaluating ICT Systems
- Reasoning ICT Systems
- Creative ICT Systems

典型的信息与社会科学交叉研究

FuturICT: Innovative ICT and science for a resilient and sustainable society



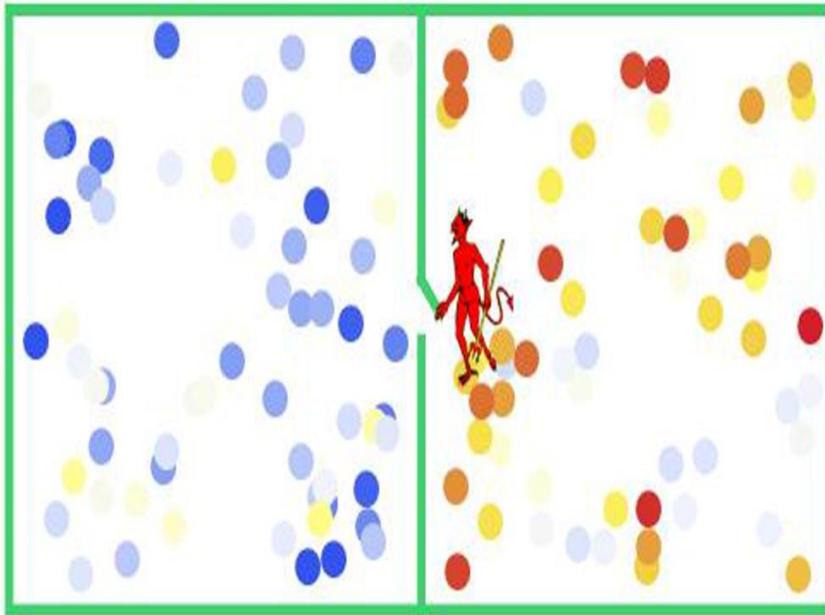
石墨烯：可能替代硅的信息材料

- 俄罗斯出生的两位英国曼彻斯特大学科学家海姆和诺沃肖洛夫2004年制备出石墨烯，2010年就获得诺贝尔物理学奖（集成电路发明后42年才获得诺贝尔奖）。
- 石墨烯是目前世界上最薄最硬的材料，仅有一个碳原子厚。石墨烯晶体管比硅晶体管功耗低，运行速度快，可制作出性能优良的半导体器件。
- 2011年4月7日IBM宣布研制成功主频155GHz的石墨烯晶体。石墨烯的出现可能使摩尔定律得以延续，**从硅时代转向碳时代**。
- 透明胶带发现石墨烯的故事，3M公司，2000年“磁悬浮青蛙”获得“搞笑诺贝尔物理学奖”，中国人失之交臂，博士生，张远波



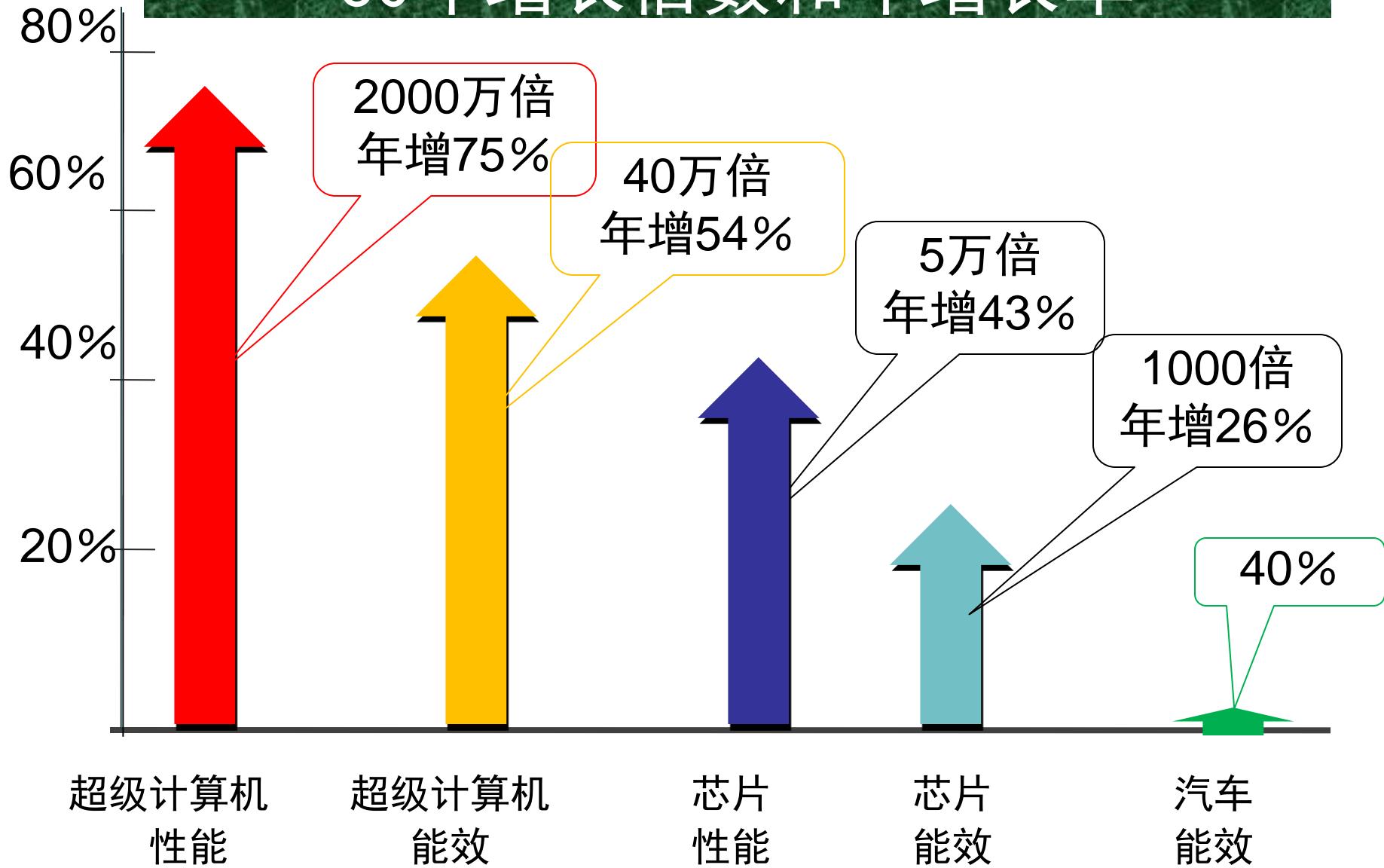
5. 信息转化为能量的实验

信息直接转化为能量的实验



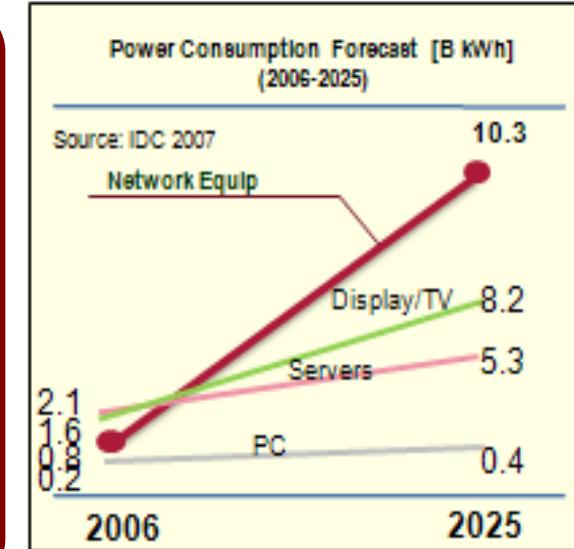
- 日本研究人员2010年11月发表报告称，他们在实验室中让一个纳米小球沿电场制造的“阶梯”向上爬动，爬动所需的**能量**由该粒子在任何给定时间朝哪个方向运动这一**信息转化**而来，这意味着科学家首次在实验室实现了**信息到能量的转化**，验证了约150年前英国物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦提出的“麦克斯韦妖”这一设想。
- **能量-信息-能量**（外部摄像机消耗能量，假设“关门”不耗能）

计算机性能和能效 30年增长倍数和年增长率



数据中心的高能耗问题

- 云计算将计算节约的能耗转移到通信，而网络设备能耗的增长速度超过计算机设备。
- 全球数据中心的耗电约占全球总耗电量的1.3%，在美国约占2.0%。按世界平均值估计，目前我国数据中心耗电占全国总耗电量的比例在1%左右，但我国数据中心的耗电量的增长速度远高于美国。



- 2005到2010年全球计算机数据中心耗电增长56%，美国数据中心耗电量增长36%，低于预期增长（原来预计要翻一番）
- Google公司（90万台服务器）采用节能技术，能耗只占全球数据中心能耗的1%。采用低功耗器件和虚拟化技术可以减缓数据中心耗电量的增长，我们在发展云计算时必须大力研究和推广各种节能技术
- 理论上节能的空间很大，能量效率可以有几个数量级的提高。

发展“低熵产业”

- 媒体上大量宣传发展“低碳产业”，这种提法可能不科学，生物产业就是“碳产业”，信息产业如果从硅器件发展到石墨烯，也是“碳产业”。
- 二氧化碳是植物需要的养分，本身不是污染。从历史的长河来看，目前是地球上二氧化碳密度较低的时期。正确的方向可能是发展“低熵产业”。
- 能量是有品质之分的，能量的质量降低比数量减少损失更大，因为能量的降质意味着熵的增加，即可用能的减少和污染的增加。要改变这种趋势，需要人类从根本上改变世界观和生活方式，大力发展以智能服务为代表的“低熵产业”。

请批评指正！



中科院计算所新园区