



2012-2013

Report on Advances in Electronic and Information Science

中国科学技术协会 主编
中国电子学会 编著

电子
信息
学
科
发
展
报
告

电子 信息 学 科 发 展 报 告

中国科学技术出版社



014033598

TN-12
01
2012-2013

2012—2013

电子信息 学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN
ELECTRONIC AND INFORMATION SCIENCE

中国科学技术协会 主编
中国电子学会 编著



中国科学技术出版社

· 北 京 ·



北航

C1721823

TN-12

01

2012-2013

图书在版编目 (CIP) 数据

2012—2013 电子信息学科发展报告 / 中国科学技术协会主编; 中国电子学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2014.2

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-6532-4

I. ① 2… II. ① 中… ② 中… III. ① 电子信息—学科发展—研究报告—中国—2012—2013 IV. ① G203-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 003729 号

策划编辑	吕建华 赵 晖
责任编辑	包明明
责任校对	赵丽英
责任印制	王 沛
装帧设计	中文天地

出 版	中国科学技术出版社
发 行	科学普及出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编	100081
发行电话	010-62103354
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	432 千字
印 张	18
版 次	2014 年 4 月第 1 版
印 次	2014 年 4 月第 1 次印刷
印 刷	北京市凯鑫彩色印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-6532-4/G · 641
定 价	64.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

2012—2013

电子信息学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN
ELECTRONIC AND INFORMATION SCIENCE

首席科学家 戴 浩 高 文

顾问组 (按姓氏笔画排序)

马思伟 王晓亮 苏 伟 何华康 陈尚义
钱宇华 徐 震 裴卫华

专 家 组

组 长 何华康

成 员 (按姓氏笔画排序)

于爱民 马书南 王诗淇 王雅哲 田有亮
冯 春 李 敏 张 虎 张贤国 张海云
陈 驰 武传坤 徐 静 滕济凯

学术秘书组

组 长 卢光明

秘 书 余文科 赫 泽 陈 强 马 良

英文译审 余文科

序

科技自主创新不仅是我国经济社会发展的核心支撑，也是实现中国梦的动力源泉。要在科技自主创新中赢得先机，科学选择科技发展的重点领域和方向、夯实科学发展的学科基础至关重要。

中国科协立足科学共同体自身优势，动员组织所属全国学会持续开展学科发展研究，自2006年至2012年，共有104个全国学会开展了188次学科发展研究，编辑出版系列学科发展报告155卷，力图集成全国科技界的智慧，通过把握我国相关学科在研究规模、发展态势、学术影响、代表性成果、国际合作等方面的最新进展和发展趋势，为有关决策部门正确安排科技创新战略布局、制定科技创新路线图提供参考。同时因涉及学科众多、内容丰富、信息权威，系列学科发展报告不仅得到我国科技界的关注，得到有关政府部门的重视，也逐步被世界科学界和主要研究机构所关注，显现出持久的学术影响力。

2012年，中国科协组织30个全国学会，分别就本学科或研究领域的发展状况进行系统研究，编写了30卷系列学科发展报告（2012—2013）以及1卷学科发展报告综合卷。从本次出版的学科发展报告可以看出，当前的学科发展更加重视基础理论研究进展和高新技术、创新技术在产业中的应用，更加关注科研体制创新、管理方式创新以及学科人才队伍建设、基础条件建设。学科发展对于提升自主创新能力、营造科技创新环境、激发科技创新活力正在发挥出越来越重要的作用。

此次学科发展研究顺利完成，得益于有关全国学会的高度重视和精心组织，得益于首席科学家的潜心谋划、亲力亲为，得益于各学科研究团队的认真研究、群策群力。在此次学科发展报告付梓之际，我谨向所有参与工作的专家学者表示衷心感谢，对他们严谨的科学态度和甘于奉献的敬业精神致以崇高的敬意！

是为序。

韩明

2014年2月5日

前言

当今世界,科技发展突飞猛进,创新、创造日新月异,科技竞争在综合国力竞争中的地位更加突出。党的十八大提出实施创新驱动发展战略,强调科技创新在提升我国社会生产力和综合国力中的战略性作用,必须将科技创新摆在国家发展全局的核心位置,通过科技创新推动改革发展。

电子信息产业是公认的战略性新兴高科技产业。最近半个多世纪以来始终处于高速发展之中,在各国国民经济中所占的比重不断攀升,有人认为世界经历了狩猎、农耕和工业化时代之后,20世纪后期已经进入了信息时代,而信息时代的科学和技术基础就是电子信息学科。微电子、光电子和软件技术造就了集成电路、光纤通信、互联网、移动通信、云计算、物联网、大数据等一个又一个对国计民生至关重要的产业,电子信息技术(涵盖了信息科技IT和信息通信科技ICT)的渗透性和融合特性,使得许多传统产业,借助电子信息技术再一次焕发出新的生机(数字机床、智能制造、无人驾驶等都是鲜明的实例)。

学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的基础。当前我国基础领域学科发展迅速,应用领域各学科跨越式发展,科技创新已经成为促进经济发展的重要力量。报告对电子信息领域的学术资源进行及时总结、报告电子信息领域相关学科的最新研究进展,对我国科技工作者及时了解和准确把握相关学科的发展动态,深入开展学科研究,推进学科交叉、渗透与融合,推动多学科协调发展,提升我国电子信息学科领域原始创新能力,建设创新型国家具有非常重要的意义。

本研究由中国工程院院士、自动化专家戴浩教授,中国工程院院士、数字视频专家高文教授担任首席科学家。在编写过程中,得到了长城计算机股份有限公司原总工程师何华康,北京百度网讯科技有限公司陈尚义、中国科学院多位研究员、北京大学、北京交通大学的大力支持。同时,中国电子学会的理事、咨询工作委员会的专家也对报告提出了许多宝贵的意见和建议。参与编写的专家和学者投入了大量的精力,项目历时一年有余,数易其稿,在此谨致以衷心的感谢!同时向所有参加本书编校、出版、发行等工作的同志致以诚挚的谢意!

由于电子信息学科体系庞杂、创新发展层出不穷,因此做这样的总结,只能是挂一漏万,遗漏和不妥之处在所难免,敬请阅者批评指正。

中国电子学会
2013年10月

目 录

序	韩启德
前言	中国电子学会

综合报告

电子信息学科发展综述	3
一、引言	3
二、电子信息学科发展概貌	4
三、最新研究进展与国内外对比	4
四、发展趋势和展望	8
五、结束语	9

专题报告

数字视频编码技术发展报告	13
新一代网络技术专题报告	49
数据挖掘专题报告	79
大数据学科发展报告	108
传感与交互控制进展报告	149
中国信息安全领域专题报告	179
半导体技术研究进展报告	221

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Development of the Disciplines of Electronic and Information	263
--	-----

Reports on Special Topics

Recent Developments in Video Coding	269
Report of Next Generation Network	269
Report of Data Mining	270
Big Data Subject Development Report	270
Progress Report Sensing and Interactive Control	272
Chinese Information Security Special Report	273
The Research Progress of Semiconductor Technology	274
索引	275

综合报告

电子信息学科发展综述

一、引言

不同于大多数其他学科，电子信息学科有两个特点，其一是发展、变化大，派生新学科或分支、融合产生新学科的速度快；其二是与产业发展息息相关，研究方向大量来自产业发展的需要，不少研究成果工程特色鲜明，直接应用于产业，学术和工程、产业结合紧密。

电子信息产业是公认的战略新兴高科技产业。最近半个多世纪以来始终处于高速发展之中，在各国国民经济中所占的比重不断攀升，有人认为世界经历了狩猎、农耕和工业化时代之后，20 世纪后期已经进入了信息时代，而信息时代的科学和技术基础就是电子信息学科。微电子、光电子和软件技术造就了集成电路、光纤通信、互联网、移动通信等一个又一个对国计民生至关重要的产业，电子信息技术（涵盖了信息科技 IT 和信息通信科技 ICT）的渗透性和融合特性，使得许多传统产业，借助电子信息技术再一次焕发青春（数字机床、无人飞机等都是鲜明的实例）。今天，我们很难界定一些新兴学科究竟是属于传统技术领域还是电子信息学科领域，计算机、自动化、智能仪表、人工智能、中文信息处理、医疗电子、航空航天电子等，或是历史上由电子信息学科派生、分蘖，或是正在迅速发展成为一门未来前景不可限量的新兴学科。这也困扰了我们多年：究竟该如何定义或界定电子信息学科？

正因为电子信息学科（在中国工程院的分类中称为“信息与电子工程”学部）涵盖的领域面太广，各个领域研究水平各异，全面评价学科研究的发展情况比较困难，给出一个统一结论的可能性几乎不存在。因此在历次学科发展报告的编写过程中，我们几乎面临同样的困惑，最后只有选取一些近两年中进步较快、受到关注较多的一些领域或分支组织编写专题报告，希望能够反映电子信息学科的发展情况，它们与产业的结合，以及预测学科发展可能的重点或趋势。

二、电子信息学科发展概貌

电子信息学科，顾名思义，包括了电子和信息两大分支。“信息”包含传统意义的计算机、软件、外围设备、人工智能、控制技术、系统工程相关科技领域，也包括近年发展极为迅速的数据通信网络、无线通信网络以及自动控制相关学科；“电子”则以微电子、纳电子、光电子、激光通信技术、大功率激光、功率电子器件、传感技术、电子发光、电真空、平板显示等为代表，覆盖领域极为广泛；随着学科发展，过去未被突出的“信息内容”相关技术，诸如信息表现形式相关的多媒体技术、与内容处理相关的大数据技术、与内容传播相关的互联网、移动互联网和移动通信技术、与信息消费相关的云计算、与信息采集相关的物联网技术等，领域覆盖大大增加，技术研究与应用不断深入。我们无论如何努力，也跟不上电子信息学科科技飞速发展的步伐。

根据工业和信息化部相关研究分析，当前电子信息产业正处于技术转型升级时期，很多传统技术已经处于成熟时期，而新的技术形态尚处于发育阶段，因此，“十二五”时期是我国电子信息产业发展的关键时期，预计电子信息产业仍将以高于经济增速两倍左右的速度快速发展，产业前景十分广阔。由于其在产业地位中的基础性、渗透性特点，电子信息技术已经覆盖到许多传统工业领域，甚至影响到农业、医药、生物和社会发展各个领域。人们日益普遍使用各种信息技术成果来生产、处理、交换、传播和消费利用各种形式的信息。信息技术体系已成为一个为达成战略目标而采用和发展的综合技术结构，从最初主要偏向科学工程应用，发展成为当今科学工程与数据信息混合应用的阶段。电子信息技术在社会经济生活和普通人日常生活之中“无处不在”。

三、最新研究进展与国内外对比

也许正是由于电子信息学科的活跃和持续不断的快速发展，电子信息学科领域始终显得“庞杂”和“边界模糊”，以至于想要综述本学科的进展、成就和差距，以及发展趋势，几乎成为“不可能”。下面仅从一些学科分支（不是完整分类）的“片言只语”，来“窥探”整个学科的进展。

（一）微电子与光电子

微电子技术相关行业主要是集成电路行业和半导体制造行业。集成电路产品的发展趋势是芯片面积越来越大，集成度越来越高，特征尺寸越来越小，片上系统日益完善。集成系统则是 21 世纪初微电子技术发展的重点，是微电子设计领域的一场革命。微电子技

术与其他学科的结合,产生或正在产生一系列崭新的学科和经济增长点,除了系统级芯片外,量子器件、生物芯片、真空微电子技术、纳米技术、微电子机械系统等都将作为未来各个技术领域的主角。

预计 21 世纪内应用电子自旋、核自旋、光子技术和生物芯片的功能强大的计算机将要问世,可以模拟人的大脑,用于传感认识和思维加工。预计在未来 10 多年内可以产生存储量达到每立方毫米 100 万 G,而功耗仅仅为超大规模集成电路千万分之一的生物芯片。

但是应该看到,我国内地的微电子技术行业与世界先进水平相比还有很大的差距。从制造方面说,国外的芯片生产技术已达到 12 ~ 18 英寸 / 0.13 ~ 0.1 微米水平,而我们仅有 8 英寸 / 0.25 ~ 0.13 微米水平。从设计方面说,国内多数是仿制的低水平 IC,很少企业有自主知识产权的集成电路芯核 (IP) 技术。比如,我国内地 90% 的芯片是消费类,而国外 75% 的芯片是通信类。从人才方面说,不仅是系统设计,还是资金运作、组织管理、市场营销都缺乏高级人才。而且人才的结构也不合理,我国内地人才中搞半导体的占 75%,而发达国家正好相反,是高层次系统设计人员占 75%。因此,要提高我国内地的微电子技术整体水平,还需要长期的艰苦的努力。

光电子技术主要包括的内容为:作为光子产生、控制的激光技术及其相关应用技术;作为光子传输的波导技术;作为光子探测和分析的光子检测技术;光计算和信息处理技术;作为光子存储信息的光存储技术;光子显示技术;利用光子加工与物质相互作用的光子加工与光子生物技术。由以上技术形成的光电子行业的 5 大产业格局:光电子材料与元件产业、光信息 (资讯) 产业、传统光学 (光学器材) 产业、光通信产业、激光器与激光应用 (能量、医疗) 产业。

近年来,许多国家,特别是工业发达国家,都在大力发展光电子技术和产业,应用领域包括了计算、通信、娱乐、教育、电子商务、公共卫生和交通运输,以及军事领域的指挥和控制系统、照相、雷达、飞行传感器和光制导武器等。光电子技术行业的主要产品包括:激光器、光盘、成像传感器、光纤以及关键部位使用光电子元器件的所有仪器 and 系统。我国与欧美和日本相比,无论在技术水平还是产业发展上都有较大差距。

(二) 现代通信技术

随着数字化技术的发展,通信传输在向高速大容量长距离发展,光纤传输速率越来越高,波长从 1.3 微米发展到 1.55 微米并已大量采用。一个波长段上用多个信道的波分复用技术已进入实用阶段;光放大器代替光电转换中继器已经实用;相干光通信,光孤子通信已取得重大进展。这将使无中继距离延长到几百甚至几千公里。无线通信和基于无线通信技术的移动互联网近年发展异常迅速,移动互联网成为 ICT 领域五大热点词汇之一,它的发展和普及,将极大影响人们的工作和生活方式,带来革命性的变化。

(三) 遥感和传感及识别技术

感测与识别技术的作用是扩展人获取信息的感觉器官功能。它包括信息识别、信息提取、信息检测等技术。这类技术的总称是“传感技术”。它几乎可以扩展人类所有感觉器官的传感功能,甚至进入对思维、思想的“感知”。传感技术、测量技术与通信技术相结合而产生的遥感技术,更使人感知信息的能力得到进一步的加强。随着信息技术的迅速发展,通信技术和传感技术的紧密集合,我国以遥感卫星为代表的遥感技术,广泛应用到勘探、气象、海洋开发、环境监测、测绘、土地利用、防火等各个应用领域,取得了长足进步。

最近几年国内兴起的“物联网”热,也是基于传感和识别技术,短短几年,物联网的应用已经遍及国民经济和日常生活的方方面面,未来发展不可预计。

随着材料科学、纳米技术的发展和微纳加工技术的进步,传感器呈现出小型化、微型化的趋势,伴随着微电子技术的进步和计算机技术的发展,集成化、智能化、网络化和多传感器融合也成为传感器发展的趋势。在交互控制方面,无论是人机之间的语音交互控制、手势交互控制和以电容屏为代表的多点触屏控制技术,还是以智能拟人机器人代表机器与机器,机器与环境之间的交互控制技术,都得到了长足的进步和发展,相比这些方面的进展,基于脑—机接口的交互控制方式无疑是近年来最有代表性的交互控制范式之一,除了可以完成人机之间的信息交流,广义的脑机接口技术还可以用来进行神经性疾病的治疗或进行受损功能修复。

(四) 信息安全技术

信息安全关乎国家的经济安全、政治安全、社会安全、文化安全和国防安全,已经成为国家安全的重要组成部分。

2006年我国政府公布了自己的商用密码算法,这是我国密码发展史上的一件大事,公开算法必将促进我国密码研究和应用的繁荣。确实近几年,我国密码学和安全协议领域取得长足进展,从序列密码、分组密码、Hash函数、公钥密码到安全协议5个方面,我国的研究均取得了长足进展。如我国自主设计的祖冲之序列密码算法、在序列密码相关学术领域中我国学者取得了一系列具有国际先进水平的理论成果;对作为诸多密码系统的核心要素,保障信息保密性和完整性的重要技术之一的分组密码,主要集中在对经典模式的改进上,在已被广泛应用的公钥密码方面也有不少进展。而在密码协议的理论和应用方面,我国学者做了大量有意义的工作,在密码协议设计的思想和方法上都有所创新,推进了密码协议研究的发展。总的来说在以密码技术为基础的信息安全领域,我国学者起步较晚,进展不少,但除了个别突破之外,总体水平与世界先进水平还有差距。目前在业界关注的云计算、移动互联网、物联网等领域,我国信息安全科学家和技术人员正在努力,可以说可信云计算和其他可信计算普遍应用是可以期待的。

（五）大数据和数据挖掘

大数据是目前信息领域中 5 个大热门名词之一，之所以热，不仅仅是因为炒作，而是如今虚拟世界的重要性已经被越来越多的人所认识，数据多到无法处理，数据中隐藏的价值确实吸引人。大数据不同于其他学科分支的一点是，它更偏重于实际技术，它是一种多学科、多种技术的综合处理对象。

与许多其他技术一样，大数据技术也是“舶来品”，由于新，我们还有相当大的差距。但最近一段时间，我国学者在所涉及的数据模型、处理模型、计算理论，与之相关的分布计算、分布存储平台技术，数据清洗和挖掘技术，流式计算、增量处理技术，数据质量控制等方面还是有所建树。我国在互联网应用上用户群基数大，物联网应用上不落后，大数据伴随它们的发展得到快速成长应该可以预期。

数据挖掘概念虽先于大数据，但与大数据不可分。数据挖掘涉及数据预处理、数据分类、数据聚类、序列模式挖掘等 4 个方面，对数据库中的知识发现非常有用，是知识发现过程中的一个核心步骤。我国研究者关注以数据平滑、维度约简、数据离散化及样例约简为例的数据预处理，决策树、贝叶斯、k-最近邻法、支持向量机、粗糙集以及模糊逻辑等典型的分类方法，以及聚类模型，序列模式挖掘，今后一段时间会关注大数据的快速计算、多模态信息融合、大数据的特征降维等技术方向。

（六）新一代网络

以互联网为代表的信息网络在现代经济发展和生活中不可或缺，但也面临着地址空间匮乏、带宽瓶颈、网络安全、移动性支持等一系列问题。为了解决这些问题，新一代网络呼之欲出。新一代网络必须解决新信息网络的体系理论、异质异构网络的一体化、新网络体系的服务普适、新网络体系下的可信与移动问题等 4 个关键科学问题，美国、欧洲、日本等世界各国都投入大量精力进行研究，一种方法是继续采用以 IP 协议为核心的网络体系结构构建下一代互联网，兼容现有各种通信网络，支撑用户开发创新应用。另一种方法则是建立全新体系结构，例如“一体化标识网络”等成果所体现的。两种技术路线都有许多成果，有的还进行了规模化实验，国内外基本上站在同一起跑线上。今后的研究可能聚焦于解决网络安全、移动性能、可扩展性、节能、资源利用率等方面。

（七）音视频编解码技术

数字图像/视频自 20 世纪 50 年代随着信息的数字化发展而出现并兴起，但随之而来的问题是数字化后的图像/视频其数据量急剧增加，远远超过了存储空间和传输带宽的承受能力，给数字视频应用带来了很大的限制。因此，视频压缩成为数字视频领域的核心

问题之一,几十年来学术界和工业界都对其进行了长期而又深入的研究,并取得重要进展。视频编码技术近期主要发展方向主要包括以 HEVC/H.265 为代表的混合框架编码技术,3DV 立体视频编码技术,基于视觉特性的编码,以及监控视频压缩、屏幕视频压缩等新兴应用相关的视频编码技术。

四、发展趋势和展望

当前,信息技术发展的总趋势是从典型的技术驱动发展模式向技术驱动与应用驱动相结合的模式转变,发展趋势主要包括以下 5 个方面。

1) 高速度大容量。速度和容量是紧密联系的,海量信息四处充斥的现状,处理高速、传输和存储要求大容量就成为必然趋势。从器件到系统,从处理、存储到传输、交换,电子信息技术正向着几乎无限的高速度大容量方向发展。

2) 综合化集成化。信息采集、处理、存储与传输的结合,信息生产与信息使用的结合,各种媒体形式的结合,各种业务和内容的综合,都体现了综合和集成的理念。

3) 平台化。云计算风起云涌,大大拓宽了信息服务提交模式,平台因此而更加普遍化。信息技术和信息的普及促进了平台化的发展,人们希望得到信息、得到服务,但不想理会技术细节;希望各种服务灵活部署、信息更加容易共享,业务协同方便,希望个性化的需要得到更大程度的满足。

4) 智能化。“智慧 $\times \times$ ”遍地开花,反映了其背后的各种技术越来越智能化。各行各业应用电子信息技术的结果,首先反映为本行业技术的飞跃甚至革命,智能化给我们带来了无限的遐想空间,电子信息学科为智能化做出了最大贡献。

5) 人文化。信息最终为人所用,人与外界交互的方法有多少种,信息表现和操作的方式就有多少种。信息表达形式早就超越了传统的文字、声音、图形图像、视频,机器视觉、听觉、触觉、语言、姿态甚至思维等的处理技术发展方兴未艾。人已经在信息领域成为真正的主人。

展望新电子信息技术未来发展方向,以下几方面的技术将可能成为未来信息技术学科发展的重点。

(一) 微电子、纳电子和设计集成技术

集成电路制程技术已经进入到纳米级时代,接近摩尔定律的“极限”,漏电流、单位面积的发热量等问题日益突出,制程工艺将被迫发生或许是革命性的变化,从“平面”走向“立体”是其中一个重要方向。单个芯片上的电路将极端复杂,足以将原来多个器件、甚至整机的功能集中到一块芯片,不仅体积、重量缩小,可靠性大大提高,而且性能极大提升,成本进一步下降,建立在新技术之上的成果或产品能耗极低,智能却极高。但如此