

# 开展第四代 (4G) 移动通信基础研究 ——实现我国移动通信跨越式发展的途径

张兆田 熊小芸

(国家自然科学基金委员会信息学部一处)

## 1 概 述

自从 1880 年马可尼建立第一个无线通信系统以来,移动通信历经了长足的变化和发展。特别是香农在其信息论中提出了信道容量的概念之后,围绕着如何逼近香农公式定义的信道容量,移动通信经历了第一代频分多址 (FDMA) 的模拟话音通信,第二代时分多址的数字话音通信 (TDMA), 发展到了今天的第三代码分多址 (CDMA) 的多媒体通信。它对人们的工作、学习和生活产生了巨大的影响。

然而,随着移动用户数量的快速增长和话音通信向多媒体通信的转换,人们的通信方式和内容正在发生巨大的变化。数据业务的增加使得通信中的分组业务逐渐占据主导地位,为适应这种发展趋势,我们需要提供高效的空中接口、以满足分组数据传输;数据和话音业务并存导致的大动态范围的信息传输,需要灵活的无线资源调配机制;高速移动下的通信业务的实施有赖于高效的频谱利用率,而使用多天线环境 (MIMO) 成为解决问题的唯一途径;为提高传输速率而不得不采用的高频传输方法,所必须具备的低发射功率、高电磁兼容性能只有使用全新的小区结构才可能实现。而所有这一切解决问题的方法无一例外地都依赖于通信容量的进一步增加。而目前的单天线,蜂窝结构已将信道资源用到了极限,无论你采用的是时分方式,频分方式,还是码分方式,都无法解决信道容量有限与通信业务量爆炸式增长的矛盾。

面对上述即将出现的种种问题世界发达国家纷纷启动了新一代移动通信关键理论与核心技术的研究计划。这些研究的核心就是要寻找新的理论和技术来进一步逼近香农限。

## 2 移动通信发展进程及国内研发状况

回顾移动通信发展的进程 (见图 1), 我们可以清楚地看到我国的一、二、三代移动通信都是在先进国家已进入应用阶段才开始介入。在第一代话音数据业务的模拟移动通信中,我们以购买设备的方式介入;在第二代话音数据业务的数字移动通信中,我们以生产设备的方式介入;在第三代 (3G) 多媒体业务的宽带移动中,我们以跟踪开发的方式介入,并提出了一个国际标准 (TD-SCDMA)。虽然有所前进但是都没有形成主流的自主知识产权。目前 3G 已进入现场试验

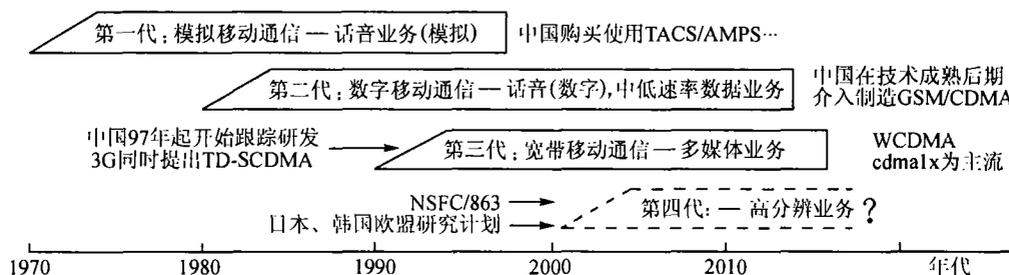


图 1 移动通信发展进程及国内研发状况 \*

阶段, 国都处第 4 代 (4G) 移动通信研究的初期, 如果我们及时展开相应的基础和应用基础研究, 就可以和发达国家同步前进, 实现我国移动通信的跨越式发展。在新一轮的竞争中占据有利的地位。

近年来国家逐渐加大了移动通信基础和应用基础研究的投入力度。自 1998 年以来国家自然科学基金委员会支持的相关移动通信课题情况如表 1 所示。同时, 2002 年以来国家 863 计划先后启动了 7 个领域, 30 个项目来支持 3G 和后 3G 的研究 (见表 2)。正是在国家的大力支持下, 我国第三代移动通信研发取得了巨大的进展, 完成了现场试验系统的研制, 提出了 TD-SCDMA 和 LAS-CDMA 技术, 在移动通信领域积累了宝贵的经验, 形成以年轻人为主, 老中青结合的研究队伍。特别是清华大学、东南大学、北京邮电大学的 4 个通信领域国家重点实验室已具备了群体研究优势, 具备了挑战世界先进水平的能力。我国的 3G 移动通信系统被评为 2002 年十大科技进展。

表 1 国家自然科学基金委员会 1998 至 2002 年支持的相关移动通信课题统计

项目类别	面上项目	重点项目	杰出青年	海外杰出青年	国际合作重点项目
项目数	172	4	8	3	1
项目经费 (万元)	3228	480	640	120	90

表 2 2002 年国家 863 计划资助的研究领域和项目数<sup>1</sup>

资助领域	项目数
3G 无线传输技术研究	6
无线局域网与 ad hoc 技术	2
多天线环境与 MIMO RF 技术	2
基于 3G 技术的 ad hoc 技术	2
IPv6 与移动核心网络	1
移动通信基本技术研究 (包括 UWB 等)	16
Beyond 3G 总体技术、需求、应用研究	1

### 3 第 4 代移动通信的特点

为适应未来发展的需要, 第 4 代移动通信系统必须能够支持全 IP 高速分组数据传输 (数据速率为数十兆 bps 甚至数百兆 bps), 支持高的终端移动性 (移动速度高达每小时几百公里), 支持高的传输质量 (数据业务的误码率低于  $10^{-6}$ ), 提供高的频谱利用率和功率效率 (发射功率降低 10dB 以上), 并能够有效地支持在用户数据速率, 用户容量、服务质量和移动速度等方面大动态范围的变化。而为满足这些技术需求, 未来第 4 代移动通信系统必将在网络结构、系统理论及关键技术等方面具有全新的面貌。具体地:

(1) 在网络结构方面, 将采用全 IP、分布式、自组织和多层的无线广带个人通信新体制和新模式, 已对抗 2G 以上电波传输特性的挑战, 并适应未来移动通信以数据业务为主的需求;

(2) 在空中接口方面, 将采用分布式的接入方式, 多天线技术具有至关重要的作用, 而多天线环境下多输入多输出 (MIMO) 无线通信系统的理论将突破传统的无线通信系统理论, 成为未来移动与无线通信系统理论的核心;

(3) 在传输体制方面, 传统的单载波时分多址和码分多址技术难以直接推广到广带传输, 必须采用多载波并行传输体制, 而高度灵活的多载波传输方案的设计是第 4 代移动通信系统设计的关键之一;

(4) 在编码与调制技术方面, 将采用新型的自适应编码调制技术, 而包括其在内的高效的自适应链路技术则是第 4 代移动通信的另一类关键技术;

(5) 在天线与射频技术方面, 将采用新型的多天线和阵列天线技术以及宽带高线性度射频技术, 将涉及复杂的电磁学理论问题。

由此可见, 未来第 4 代移动通信的研究是极具挑战性的, 涉及大量的基本理论与技术研究。

#### 4 NSFC 为未来移动通信的基础研究立项

尽管我国在 3G 移动通信的研究中取得了令人瞩目的成绩,但是应该指出的是,这些研究基本上是跟踪研究,没有获得主流的知识产权,更没有形成可以覆盖移动通信各个环节的系列专利,因此不可能产生作为一个具有世界上规模最大的电信市场的通信大国应该获得的经济效益和社会效益。为改变我国通信产业发展长期处于被动跟踪的局面,国家 863 计划已于去年制定并启动了未来移动与无线通信发展的 FuTURE 计划,其目的是:在后三代移动通信发展初期即着手开展相关的研究与开发,与国际上同步发展,获取具有自主知识产权的核心技术专利,为我国未来提出后三代或第四代移动通信标准奠定基础。FuTURE 计划所确立的关键核心技术与实验系统开发并行开展的策略,对确保我国与国际上同步发展,是非常重要的。但由于 FuTURE 计划所涉及的核心技术开发侧重于可实现性与演示性,对于面向 2006-2010 年技术发展的大量基础理论与技术尚难以顾及,如符合未来移动通信需求的新型蜂窝网络拓扑结构的理论研究、广域覆盖的多天线环境蜂窝系统网络构造方法,以及此新型网络构架下的 MIMO 无线通信系统理论与容限计算,网络信息处理与管理方法、无线资源预测与规划理论等等,为推动源头知识创新并带动相关学科与研究领域的发展,并为 2005 年以后 FuTURE 计划的进一步实施做好准备,国家自然科学基金委员会于 2003 年 1 月通过了“未来移动通信系统基础理论与技术研究”重大项目的立项论证。该重大项目的资助经费为:800 万元,同时国家 863 计划将为此项目匹配 2000 万元经费,支持我国科学家开展 4G 移动通信的原创新性基础研究。该项目的总体目标是:

- (1) 在通信理论和实验方面进行创新性研究的基础上,建立未来移动通信系统的新理论;
  - (2) 争取在网络构造、无线传输及系统构成等基础理论及关键技术方面有所突破,在通信领域发表一批高质量的研究论文;
  - (3) 形成一支与国际同步发展的移动通信基础研究队伍,获得一批国际发明专利和具有应用前景的创新成果,形成核心自主的知识产权;
  - (4) 与国家 FuTURE 计划相结合,积极参与国际标准制订,以提高我国在通信系统研究领域的整体创新能力和国际竞争能力,对未来移动通信的发展做出贡献。
- 在总体目标的指导下,该项目拟达到的具体目标是:
- (1) 提出符合未来移动通信需求的新型系统构造方法,探讨全新的移动通信小区与网络拓扑结构,克服 2G 以上频段的电波衰减。
  - (2) 完成移动环境下 MIMO 信道模型、基本理论与信号处理技术研究,提高频谱利用率 10 倍以上,逼近香农信道容量。
  - (3) 针对未来移动通信业务模型,提出新的无线资源管理与传输理论,以适应未来大动态数据传输、高频谱效率的需求。
  - (4) 完成迭代式的信号处理与纠错技术研究,以逼近香农限为目标,发展 LDPC 等新型编码技术,实现与之相关联的 Turbo 接收技术。
  - (5) 研究多天线理论与通信容量,实现新型移动终端的创新研究。

#### 5 结束语

新一代移动通信技术已处于取得全新突破的前夜。在前两代移动通信中的研究中我们错过了获得自主知识产权的时机;但是,在国家自然科学基金委和 863 计划的资助下,我国在第三代移动通信的研究中已经培养了一批具有创新研究能力的科研队伍,具备了开展研究的组织条件和基础设施。我们有理由相信在国家自然科学基金委和 863 计划的大力支持下,我们的科研人员在新一轮的竞争中,能够抓住机遇,迎头赶上,获得源头创新的成果,实现我国移动通信跨越式发展,成为国际上未来无线通信领域重要的主导力量之一。

**致谢:** 本文是在与专家进行了多次讨论的基础上撰写的。东南大学的尤肖虎教授,北京邮电大学的张平教授,清华大学的王京教授,中科院大气物理所的赵松年教授和本处的老主任张志健教授为本文提供了大量的素材和建议,在此谨向他们表示衷心的感谢。