

► 21世纪通信网络技术丛书



移动通信前沿技术系列

3G 高速数据 无线传输技术

柴远波 郭云飞 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

21 世纪通信网络技术丛书
——移动通信前沿技术系列

3G 高速数据无线传输技术

柴远波 郭云飞 谷立鹏
戚建平 张 鑫 曲 晶 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书对第三代移动通信的高速数据无线传输技术 EV-DO 技术与 HSPA 的技术进行了全面而深入的介绍。全书分为 7 章：第 1 章为绪论，结合 3G 发展介绍了 EVDO 技术与 HSPA 的概念、网络结构及接口标准；第 2 章介绍了 EV-DO 空中接口协议结构，对典型会话与连接过程进行了详细描述；第 3 章对 3G-1x EV-DO 的前向与反向链路结构进行了系统描述；第 4 章和第 5 章分别讨论了 3G-1x EV-DO 的互操作性规范 (IOS) 与安全认证方面的内容；第 6 章分析讨论了 1x EV-DO 分组数据网计费处理流程；最后一章讨论 1x EV-DO 商用市场和后续技术发展，包括 WCDMA+HSPA 商用情况以及 TD-CDMA+HSPA 研发进展等。

本书适合作为从事通信工作，特别是移动通信工作人员的技术参考书，也可作为各类移动通信技术培训班的教材或通信院校相关专业师生的教学参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

3G 高速数据无线传输技术 / 柴远波, 郭云飞等编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.3

(21 世纪通信网络技术丛书. 移动通信前沿技术系列)

ISBN 978-7-121-08304-4

I. 3… II. ①柴… ②郭… III. 码分多址—移动通信—通信系统 IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 021493 号

责任编辑: 竺南直 特约编辑: 索蓉霞

印 刷: 北京京师印务有限公司
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17 字数: 435 千字

印 次: 2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

出版说明

通信网络技术是当今发展最快、应用最广和最前沿的通信领域之一。通信技术发展到今天，已经不是传统意义上的充满神秘色彩的深奥技术了，它已经与日常的应用密不可分。可以说，网络的出现，使通信技术得以有了广阔的用武之地。正是由于有了固定电话网、移动通信网和 Internet，使通信技术的应用在这些平台上有了用武之地，渗透到了我们日常生活的方方面面。

为了促进和推动我国通信产业的发展，电子工业出版社通信分社特策划了一套《21 世纪通信网络技术丛书》。这套丛书根据不同的层面，又细分为三个系列：〈移动通信前沿技术系列〉、〈3GPP LTE 无线通信新技术系列〉和〈网络通信与工程应用系列〉。

〈移动通信前沿技术系列〉是从移动通信技术（3G 技术）的应用现状与发展情况出发，全面介绍当今移动通信领域涉及的关键技术与热点技术，例如：软件无线电；移动 IP 技术；移动数据通信；WCDMA；TD—SCDMA；cdma2000；移动通信系统网络规划与优化；智能天线技术；认知无线电技术；WiMAX, WiFi, ZigBee 宽带无线接入技术；UWB 技术；UMTS 技术；Ad Hoc 技术等。

〈3GPP LTE 无线通信新技术系列〉是以 3GPP 中 LTE 标准的关键技术在无线、宽带、高速、资源的有效管理和利用，以及在 B3G/4G 无线通信领域的应用为主。LTE 作为 3G 技术的一个重要的长期演进计划，代表了国际无线通信领域的最新发展需求和解决方案，例如：基于 OFDM 的上、下行（HSxPA）的多址接入技术、随机接入技术、多天线 MIMO 技术、多链路自适应技术、多播技术、功率控制技术、宽带无线网络的安全性、可移动性、可管理性；高效信源与信道编码和调制 MQAM 技术等。

〈网络通信与工程应用系列〉是以技术为先导，以构建网络的体系结构、标准、协议为目标所开展的现代无线、移动、宽带通信网络的规划与优化，以及结合工程应用的方向所提出来的。例如：无线网状网、WLAN、无线传感器网络、3G/B3G/4G 通信网工程设计与优化、卫星移动通信网、三网融合技术、网络新安全技术策略、RFID 应用网络、下一代基于 SIP 的统一通信、光网络与光通信等。

本套丛书依托各高等院校在通信领域从事科研、教学、工程、管理的具有丰富的理论与实践经验的专家、教授；各研究院所的研究员；国内有一定规模和研发实力的科技公司的研发人员，以及国外知名研究实验室的专家、学者等组成编写和翻译队伍，力求实现内容的先进性、实用性和系统性；力求内容组织循序渐进、深入浅出、理论阐述概念清晰、层次分明、经典实例源于实践；力求很强的可读性和可操作性。

本套丛书的主要读者对象是广大从事通信网络技术工作的各科研院所和公司的广大工程技术人员；各高等院校的专业教师和研究生；刚走上工作岗位的大学毕业生；以及与此相关的其他学科的技术人员。

本套丛书从 2008 年上半年开始将陆续推出, 希望广大读者能关注它, 多对本套丛书提出宝贵意见与建议, 欢迎通过电子邮箱 wchn@phei.com.cn 进行探讨、交流和指正, 以便今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术类图书。

电子工业出版社
通信分社

前 言

2009年1月7日,中华人民共和国工业和信息化部正式向中国移动、中国联通和中国电信三家运营商分别发放了 TD-SCDMA、WCDMA 和 cdma2000 的 3G 牌照,至此,国内 3G 市场全面商用的大门终于开启。

移动通信技术于 20 世纪 80 年代开始商用,以传输话音信号为主。到了 2002 年,全球的移动用户已经超过固定电话用户,成为用户量最大、使用最广泛的第一通信手段。根据权威部门统计,截止到 2008 年 9 月,全球移动用户超过 32 亿,固定电话用户 14 亿户,移动用户普及率近 50%。我国移动用户 6.11 亿(普及率 40%),固定电话用户 2.92 亿户;移动业务收入在整个电信收入中的比例超过 60%。

移动数据业务发展迅速,以无所不在和个人化服务为特征的移动通信已渗透到人们生活、工作、学习和娱乐的方方面面。2008 年 9 月止,我国移动数据用户 1.48 亿,移动通信与互联网结合趋势明显。2007 年我国移动数据业务收入比例超过 18%,短消息业务量已达到 5430 亿条(2008 年上半年短消息量达 3790 亿条);移动通信产业凭借其强大的渗透性和带动性,成为国民经济其他产业形成和发展的先导产业。2007 年我国移动通信的增加值已接近 GDP 的 2%,我国中长期科技发展规划已将“新一代宽带无线通信系统研究”正式列为十六个重点发展专项之一。无线接入技术是指接入网的某一部分或者全部,使用无线传输介质,向用户提供固定和移动接入服务的技术,无线通信技术正在向着宽带移动通信和宽带无线接入两个方向并行发展。

一、无线移动通信技术发展趋势

无线移动通信技术发展将促使移动通信与互联网在更高层次上结合与发展,代表信息技术宽带化、移动化、个人化的发展方向,主要呈现传输宽带化、业务多样化、体制并存化和网络泛在化等技术特点。

1. 传输宽带化

无论频分、时分、码分还是空分(MIMO-OFDM),无线技术发展的核心动力是追求更高的频谱利用效率和更大的数据传输能力,数据传输能力已从早期的千比特每秒逐步发展到如今的吉比特每秒。1G、2G 系统数据传输速率是数千比特每秒到数十千比特每秒;2.5G 系统数据传输速率是数百 kb/s;3G 系统(HSDPA、EVDO)数据传输速率达到数兆比特每秒到十几兆比特每秒;3G 演进(E3G 及 4G)计划:3GPP 的 LTE 数据传输速率下行 100Mb/s、上行 50Mb/s,3GPP2 的 AIE 数据传输速率第一阶段下行 46.5Mb/s、上行 27Mb/s,第二阶段下行 100Mb/s~1Gb/s、上行 50~100Mb/s。

2. 业务多样化

早期的无线通信只支持单一语音业务，逐渐发展到支持语音、数据、图像等多种业务。1G 仅支持模拟语音业务，2G 支持数字语音和一些简单的数据业务，例如，短信。3G 不以技术体制来区分，而是把支持多媒体和高速数据业务作为分代的标志（手机音乐、手机邮件、手机电视等层出不穷），从人与人通信逐步发展到人与机器以及机器与机器之间通信。随着无线传感器网络、射频干扰检测（RFID）等技术的发展，通信业务从支持人与人之间通信业务为主转向更为注重支持 M2M（Machine to Machine），M2P（Machine to Person），P2M（Person to Machine）业务的发展。

3. 体制并存化

早期无线通信体制比较单一，而进入 21 世纪以来多种体制标准纷纷提出，众多体制并存成为无线通信不得不面对的一个重要发展趋势。3G 包含 TD-SCDMA、WCDMA 和 cdma2000 三种主流体制，与其竞争的还有 WiMAX、WLAN 等宽带无线技术。短距离无线通信方面，Bluetooth、ZigBee、UWB 等多种体制竞争趋势也十分明显。可以设想在将来的信息终端上，同时存在十几种无线通信体制是完全可能的，这也进一步刺激了软件无线电（Software Defined Radio，SDR）和认知无线电等技术的发展。

4. 网络泛在化

利用无处不在（Ubiquitous）的无线网络服务建立人与周边环境更加和谐的联系，是很久以来人们对无线通信的期望。Ubiquitous 源自拉丁语，意为存在于任何地方（Existing Everywhere）。1991 年施乐实验室的计算机科学家 Mark Weiser 首次提出“泛在计算”（Ubiquitous Computing）的概念。在此基础上，日韩衍生出了泛在网络（Ubiquitous Network）、欧盟提出了环境感知智能（Ambient Intelligence）、北美提出了普适计算（Pervasive Computing）等。我国 2004 年提出移动泛在业务环境（MUSE）的概念，希望未来的无线网络能够像希腊缪斯（MUSE）女神一样集文艺、美术、音乐等众多智慧于一身，其核心思想是网络协同融合，终端泛在智能，向用户提供最佳的业务体验 ABE（Always Best Experience）。在各种无线网络技术走向融合的大背景下，依托无所不在的“泛在网络”，通信服务对象将从人逐步扩展到任何一件东西，移动的不只是单个终端，还可能是多个子网。特别是随着 RFID 等识别技术、传感技术和短距离无线等技术的发展和普及，配备无线通信功能的传感器和控制芯片将附着在任何物体乃至动物、植物上。人们可以在任意时间、任意地点，使用任意工具，与任何客户端（包括人、手机、计算机、电视、冰箱、电子音响及任何设备或物品）实现无线连接并交换信息，人类将迈进网络和应用无所不在的“泛网时代”。

二、3G 技术及其后续演进

为与 WiMAX 等宽带无线接入技术相抗衡，3GPP2 和 3GPP 组织也加紧了 3G 后期增强型技术以及长期演进（AIE 和 LTE）技术的研究和标准化工作，并将一些所谓的“4G 技术”应用于 3G 的后续演进标准之中，用以进一步提高 3G 系统的频谱效率和数据传输速率。

cdma2000-1x EV-DO 版本 0 和 HSDPA 的基本思想是要更有效地利用和分配前向资源（包括功率和码字），为此，引入速率控制来取代 CDMA 中的传统功率控制，采用自适应调制编码 AMC、物理层调度和重传、将重传和信道编码有机结合的 HARQ、多用户分集等技术，使

下行峰值速率、系统吞吐量、时延等性能得到大幅提高。

cdma2000-1x EV-DO 版本 A 和 HSUPA 则是为了更好地利用反向资源,即基站观察到的,因用户发送造成的 ROT (噪声恶化量)。为了有效地分配 ROT 资源,它们主要采用基站调度来集中控制各用户的反向发送速率和格式,这是通过控制用户被允许发送的业务信道和控制信道/导频的功率比例来实现的。同样,两者也均采用了 AMC、物理层调度和重传、HARQ 等关键技术。自适应传输和 HARQ 等技术在 cdma2000-1x EV-DO 版本 0/版本 A 和 HSDPA/HSUPA 中的使用,使得很多先进接收技术(如均衡器、多天线收分集、干扰相消/多用户检测)的应用可以直接带来系统容量的进一步提升,且不需要修改已有协议。

cdma2000-1x EV-DO 版本 B 主要引入多载波捆绑、载波间调度、可选的非对称前反向双工方式、灵活的频率复用模式等特性,能达到更高的聚合峰值速率和更高的系统容量。HSPA+ 的目标是在 5MHz 相同带宽下进一步提高 HSDPA/HSUPA 系统的峰值速率和系统容量,更好地支持 VoIP/游戏等实时业务,提高小区边缘的性能和节省终端耗电等,目前考虑的物理层关键技术有更高级调制、MIMO、下行干扰相消、支持非连续工作模式等。

在 3G 的长期演进上,3GPP 正在开展 LTE 的标准化工作,3GPP2 则在进行 AIE 中 LBC (松耦合后向兼容)的标准化。LTE 和 LBC 在关键技术上有很多相似之处:均支持灵活的多种可变带宽;复用方式均基于 OFDM,另外 LTE 的反向采用 SC-FDMA,可以把它看作是对用户信号的频域信息进行 OFDMA,目的是降低峰均比。AIE 的反向对控制信道仍使用 CDMA 进行复用,业务信道可使用正交的 OFDMA 方式或准正交的 LS-OFDMA 方式;支持子载波/子带间调度;支持 MIMO/SDMA;考虑使用 LDPC 信道编码;引入小区间干扰协调和抑制机制;基于更小 TTI 的基站快速调度;使用 AMC 和 HARQ 等。

3G 的长期演进技术(LTE、AIE)是以 OFDM/FDMA 为核心的技术,与其说是 3G 技术的“演进”,不如说是“革命”。这种技术和 WiMAX 等由于已经具有某些“4G”特征,可以被看作“准 4G”技术。国际电信联盟(ITU)从 2000 年启动与超 3G (Systems Beyond 3G, B3G)有关的研究。超 3G 或称 4G,是指静态传输速率达到 1Gb/s、高速移动状态下达到 100Mb/s 的移动通信技术。2005 年 10 月 18 日,ITU-RWP8F 的第 17 次会议给 B3G 技术一个正式的名称——IMT-Advanced。按照国际电信联盟的定义,IMT-2000 技术和 IMT-Advanced 技术拥有一个共同的前缀:“IMT”,表示移动通信。当前的 WCDMA、HSDPA 等技术统称为 IMT-2000 技术;未来的新的空中接口技术,叫做 IMT-Advanced 技术。IMT-Advanced 的空中接口,在设计思想上是基于 ITU-RM.1645 建议,其设计目标是:以用户为中心,技术上灵活,成本上可行。

IMT-Advanced/4G 系统中典型应用场景有广域场景,其小区覆盖大和业务量中。大城市场景,其小区覆盖中等,业务量高;本地场景,其小区覆盖小,业务量高。IMT-Advanced 系统根据不同的应用场景,对空中接口提出了不同的性能要求。

4G 技术的重点是融合无线技术、移动技术和宽带技术于一体,新一代开放无线结构平台将满足未来信息化建设对无线通信的要求。自 2002 年以来,有关 4G 技术方面的专利申请数量以每年 500%的速度增加。预计到 2010 年,全球将有近 1 万项 4G 技术专利,其中核心专利(系统结构型、频谱管理型、总体设计型等)将近 2000 项,非核心专利(产品型、标准定位型、生产型等)近 5000 项,其他为跨行业 4G 技术专利。

4G 技术将不局限于电信行业,也将广泛应用于汽车通信业、民航业、广播电视业、国防工业、政府信息化系统、教育系统、医疗系统和金融系统等。包括传统的电信设备商、网络

设备商、软件商运输设备商、汽车商等都将介入。

三、宽带无线接入技术的发展

宽带无线接入 WLAN802.11 系列数据传输速率从数兆比特每秒发展到上百兆比特每秒，WiMAX802.16e 支持数据传输速率 70Mb/s，预计在最新的 IEEE 802.16m 标准中将支持 1Gb/s。

1. WLAN 发展趋势

目前，WLAN 在热点覆盖、家庭网络中的应用已日渐成熟：继承 VoWLAN 和移动功能的手机终端已商用，对传统语音业务带来了一定的冲击；802.11n 技术将进一步扩展 WLAN 的应用，其物理层速率可达到 150Mb/s，有效速率近 100Mb/s，QoS 机制的引入和足够的带宽保证，使 WLAN 可以提供数据、语音和视频等多种业务；Mesh Wi-Fi 技术在国内的实际应用增多。

2. WiMAX 发展趋势

全球微波接入互操作性（World interoperability for Microwave Access），简称为 WiMAX，是 IEEE802.16 标准定义的一种无线宽带技术。最早的 IEEE802.16 标准发布于 2001 年 12 月，此后连续有多个修订版和新版本出炉，然而，真正使得 WiMAX 成为一项世界瞩目技术的是 IEEE 802.16-2004（802.16d）和 IEEE 802.16-2005（802.16e）这两个版本。

802.16-2004 即 802.16d，采用正交频分复用技术，支持固定和游牧的视距（Line of Sight）和非视距环境（Non Line of Sight）。在视距环境下，它可以工作在频率范围 10~66GHz；在非视距情况下，802.16d 可以在小于 11GHz 的频率范围工作。802.16d 可以采用的终端形式为室内和室外固定台。目前，WiMAX 论坛制定的 802.16d WiMAX 的工作频点为 3.5GHz 和 5.8GHz。2005 年底，WiMAX 论坛认证的第一批产品已经实现商用上市。

802.16-2005 基于 IEEE802.16e，能够提供切换和漫游。它通过采用 SOFDMA 技术（Scalable Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access，可扩展的正交频分复用技术），实现将不同的子信道分给不同的用户，支持多个用户同时上网的场景。在非视距情况下，802.16e 可以在小于 6GHz 的频率范围工作。采用 802.16e 技术建网的运营商，不但可以提供固定、游牧场景下的业务，同时可以提供便携及移动应用。WiMAX 论坛尚未对 802.16e 使用的工作频段加以定义，但是从世界范围内的实际应用来看，2.3GHz 和 2.5GHz 是最可能的选择。

2006 年 4 月，韩国运营商 KT 正式启动基于 802.16e 标准的无线宽带互联网（WiBro）业务，对于 WiMAX 而言是一个里程碑；2006 年 8 月，美国第三大电信运营商 Sprint Nextel 宣布将采用 WiMAX/WiBro 无线技术部署其无线宽带网络，同时英特尔于 2006 年下半年推出 2.3~2.5GHz 的移动 WiMAX 卡，2008 年初把 WiMAX 整合到笔记本产品上。尽管如此，目前 WiMAX 依然还有许多问题没有得到解决，比如市场定位、运营模式、频谱获得和频谱统一等，多数运营商对于这项技术仍处于测试阶段。运营商在确定了 3G 的发展路线之后，对 WiMAX 究竟是怎样的态度难以预计。从中国市场来看，WiMAX 很难在短期内取得突破性发展。

3. McWiLL 发展趋势

在以英特尔的 WiMAX 为代表的 OFDM 技术成为全球瞩目的焦点时，基于 SCDMA 技术的新型无线宽带接入技术 McWiLL 又悄然诞生了。McWiLL 是一种集窄带语音业务和宽带数

据业务为一体的宽带无线接入技术，其系统由 SCDMA 宽带基站、塔顶放大器、系统网管、无线宽带终端等设备组成。由于采用了可跳频的多载波技术，基站与宽带终端之间可以在非视距的环境下传播。在实际测试中发现，在目前典型的城市环境下，McWiLL 的单基站覆盖半径为 1~3km。而在传输速度方面，McWiLL 的宽带无线终端的传送已实现了 2Mb/s 的速率，通过 PCMCIA 无线上网卡数据，在移动状态下传输速率也可达 1Mb/s。在多个性能指标方面，McWiLL 完全可以与目前主要的 3G 技术相媲美。

SCDMA 无线接入系统 (R3) 已经达到了大规模的商用水平，在国内外多个地区进行了商业运行。R4 版本在 R3 版本的基础上采用多载波技术提供数据接入，产品已初步商用。R5 版本采用 OFDM+SCDMA 技术，最大传输带宽为 5MHz，频谱利用率最高可达到 3b/s/Hz/sector；终端最大移动速率可达 120km/h，支持同频组网。

四、多种技术比较和演进关系

1. 移动通信与宽带无线接入的互补

比较宽带无线接入和宽带移动通信，应着眼于宽带无线接入与宽带移动通信协调发展，体现出宽带无线接入的特点，定位于热点区域内和行业用户的宽带数据接入服务，同时提供便携的移动支持能力。对 IMT-Advance 中的宽带新技术 (1Gb/s) 而言，两种技术是互补的而不是重合的领域。从宽带无线接入技术的传统特性考虑，其长远的发展，应定位于更大的传输带宽和更高速率的数据接入能力。

2. 网络融合、业务融合、接入综合

随着移动通信和互联网的迅猛发展，以及固定和移动宽带化的发展趋势，通信网络和业务正发生着根本性的变化，体现在两大方面：一是提供的业务将从以传统的话音业务为主向提供包括高速无线数据传输技术的综合信息服务方向发展；二是通信的主体将从人与人之间的通信，扩展到人与物、物与物之间的通信，渗透到人们日常生活的方方面面。

顺应这一发展趋势，相关行业将逐步融合，通过一系列新的技术、新的业务和应用，来满足市场的需求。融合将是全方位多层次的，包括网络融合、业务融合和终端的融合。特别是固定网与移动网的融合，通信、计算机、广播电视和传感器网络的融合成为发展的大趋势，而且已经在技术、市场需求和设备方面逐渐具备条件。

同时采用多种无线接入技术和固定接入技术将是实现上述目标的必由之路，包括蜂窝移动通信技术 (广域网)、宽带无线接入技术 (城域网) 和各种短距离无线技术 (如 RFID、UWB 和蓝牙等技术)，它们与各种固定的宽带接入共同接入基于 IP 的同一个核心网络平台，通过网络的无缝切换，实现无处不在的最佳服务。

本书对第三代移动通信的高速数据无线传输技术 EVDO 技术与 HSPA 的技术进行了全面而深入的介绍。全书分为 7 章：第 1 章为绪论，结合 3G 发展介绍了 EVDO 技术与 HSPA 的概念、网络结构及接口标准；第 2 章介绍了 EVDO 空中接口协议结构，描述了数据协议的封装，对典型会话与连接过程进行了详细描述；第 3 章对 3G-1x EV-DO 的前向与反向链路结构进行了系统描述，包括帧结构、信道形成与分配机制，物理层与 MAC 层链路性能等；第 4 和第 5 章分别讨论了 3G-1x EV-DO 的互操作性规范 (IOS) 与安全认证方面的内容，包括系统业务流程、平滑升级与联合组网以及切换，安全认证方面讨论了协议功能、网络切换鉴权

难题等。第 6 章分析讨论 cdma2000-1x EV-DO 分组数据网计费处理流程,包括远端地址与快速切换计费以及 Airlink Records 生成等方面的内容。最后一章讨论 cdma2000-1x EV-DO 商用市场和后续技术发展,包括 WCDMA+HSPA 商用情况以及 TD-CDMA+HSPA 研发进展,另外还简要讨论了 EV-DO 与 EV-DV 技术比较以及技术特性与存在的问题。

3G 高速无线传输技术涉及多个领域和关键技术,由于作者学识有限、经验不足、写作时间仓促,错误和不当之处在所难免,敬请广大读者不吝赐教。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 3G 高速数据无线传输技术概述	1
1.1.1 cdma2000-1x EV-DO 与 HSPA 技术的概念	1
1.1.2 cdma2000-1x EV-DO 与 HSPA 的技术演进	5
1.1.3 cdma2000-1x EV-DO 与 HSPA 的技术比较	11
1.2 3G 高速数据无线传输系统结构比较	17
1.2.1 系统网络结构	17
1.2.2 系统设备功能	19
1.2.3 系统组网方式	29
1.3 3G 高速数据无线传输技术标准	33
1.3.1 主要版本标准及其技术改进	33
1.3.2 TD-SCDMA 与 WCDMA 在 HSDPA 技术上的比较	43
1.4 本章小结	46
第 2 章 空中接口协议体系	47
2.1 cdma2000-1x EV-DO 协议结构及功能	47
2.1.1 协议各层结构	47
2.1.2 协议各层功能	54
2.2 cdma2000-1x EV-DO 协议数据的封装	57
2.2.1 控制信道(信令)封装过程	57
2.2.2 业务信道(数据)封装过程	65
2.3 cdma2000-1x EV-DO 典型会话与连接过程	71
2.3.1 典型会话过程的建立	71
2.3.2 典型连接过程的建立	81
2.4 WCDMA 空中接口协议	85
2.4.1 无线接口模型	85
2.4.2 无线接口协议结构	86
2.4.3 层间通信原语	86
2.4.4 各层描述及其实现功能	87
2.5 TD-SCDMA 空中接口协议	91
2.5.1 物理层概述	91

2.5.2	物理信道和传输信道	92
2.5.3	复用和信道编码	94
2.5.4	扩频和调制	94
2.5.5	物理层过程	95
2.5.6	物理层测量	96
2.6	本章小结	96
第 3 章	前向与反向链路结构	98
3.1	cdma2000-1x EV-DO 前向信道结构与帧结构	98
3.1.1	前向链路信道结构	98
3.1.2	前向链路信道功能	101
3.1.3	前向链路信道帧结构	101
3.2	cdma2000-1x EV-DO 前向信道分配机制	102
3.2.1	编码、调制与基带成形	104
3.2.2	前向链路切换	105
3.3	cdma2000-1x EV-DO 反向信道结构与功能	106
3.3.1	反向链路信道结构	106
3.3.2	反向链路信道功能	112
3.4	cdma2000-1x EV-DO 反向信道的运行机制	113
3.4.1	信道的标识与扩频	113
3.4.2	编码、调制与基带成形	113
3.4.3	接入过程	114
3.4.4	导频的维护与切换	114
3.4.5	反向链路数据速率控制	114
3.5	cdma2000-1x EV-DO 物理层和 MAC 层链路性能	116
3.5.1	物理层链路性能	116
3.5.2	MAC 层链路性能	117
3.6	高速下行链路分组接入 (HSDPA)	118
3.6.1	物理层技术	118
3.6.2	MAC 层技术	121
3.7	高速上行链路分组接入 (HSUPA)	124
3.7.1	E-DCH 的网络与协议架构	124
3.7.2	物理信道	126
3.7.3	HARQ 机制	126
3.7.4	Node B 调度	128
3.8	本章小结	129
第 4 章	互操作性规范 (IOS)	130
4.1	cdma2000-1x EV-DO 系统业务流程	130

4.1.1	IOS 接口	130
4.1.2	cdma2000-1x EV-DO 基本呼叫流程	138
4.2	cdma2000-1x EV-DO 平滑升级与联合组网	154
4.2.1	cdma2000-1x 到 cdma2000-1x EV-DO 的平滑升级	154
4.2.2	cdma2000-1x 与 cdma2000-1x EV-DO 的联合组网	155
4.3	cdma2000-1x EV-DO 切换原理	159
4.3.1	AN 之间的切换	159
4.3.2	cdma2000-1x EV-DO 与 cdma2000-1x 网络切换	160
4.4	WCDMA 基本信令流程	168
4.4.1	RRC 连接建立	168
4.4.2	RAB 建立流程	169
4.4.3	UE 起始呼叫建立	171
4.4.4	UE 终止呼叫建立	173
4.4.5	PS 域连接	174
4.4.6	切换	175
4.5	TD-SCDMA 越区切换原理	178
4.5.1	概述	178
4.5.2	接力切换原理	179
4.5.3	TD-SCDMA 系统间切换	181
4.6	本章小结	181
第 5 章	安全认证	182
5.1	cdma2000-1x EV-DO 安全认证	182
5.1.1	密钥交换协议	182
5.1.2	安全协议	184
5.1.3	鉴权协议	185
5.1.4	加密协议	188
5.1.5	AN-level 认证	189
5.1.6	IP-level 认证	190
5.2	cdma2000-1x EV-DO 网络切换鉴权问题	191
5.3	WCDMA 系统的安全机制	192
5.3.1	WCDMA 系统的空中接口安全保护	192
5.3.2	WCDMA 系统的鉴权	193
5.3.3	WCDMA 系统的加密和完整性保护	195
5.4	TD-SCDMA 的安全机制	196
5.4.1	系统安全结构	196
5.4.2	接入网安全实现	198
5.5	本章小结	202

第 6 章 分组数据网计费处理流程	203
6.1 cdma2000-1x EV-DO 分组计费流程	203
6.1.1 使用数据记录	203
6.1.2 远端地址与快速切换计费	203
6.1.3 Airlink Records 生成	204
6.1.4 PDSN 过程	205
6.2 R-P 会话的建立	206
6.3 WCDMA 与 TD-SCDMA 的高速数据分组计费机制	206
6.3.1 分组域计费体系结构	206
6.3.2 分组域计费数据的采集	209
6.3.3 分组域计费模式	211
6.4 本章小结	214
第 7 章 商用市场和后续技术发展	215
7.1 cdma2000-1x EV-DO 的商用市场	215
7.1.1 北美市场	221
7.1.2 日韩市场	222
7.1.3 中国市场	227
7.1.4 全球其他市场	228
7.1.5 终端厂商	228
7.2 HSPA 商用进展	231
7.2.1 WCDMA+HSPA 商用情况	232
7.2.2 TD-CDMA+HSPA 研发进展	233
7.3 cdma2000-1x EV-DO 与 1x EV-DV 技术比较	234
7.3.1 cdma2000-1x EV-DV 简介	234
7.3.2 技术方面	236
7.3.3 运营方面	237
7.4 技术特性与存在问题	238
7.4.1 技术特性总结	238
7.4.2 存在主要问题	239
7.4.3 应用前景展望	239
7.5 本章小结	241
附录 缩略语	242
参考文献	249

第 1 章 绪 论

1.1 3G 高速数据无线传输技术概述

1.1.1 cdma2000-1x EV-DO 与 HSPA 技术的概念

1. 什么是 cdma2000-1x EV-DO

1928 年, 美国 Purdue 大学学生发明了工作于 2MHz 的超外差式无线电接收机, 并很快在底特律的警察局投入使用, 世界上第一种可以有效工作的移动通信系统诞生了。在近 80 年的发展历程中, 移动通信事业蒸蒸日上, 为了满足全球用户的需求, 技术革新步伐不断加快, 先后经历了第一代蜂窝移动通信系统 (AMPS、ETACS、NMT-450 等), 第二代蜂窝移动通信系统 (GSM、CDMA 等)、第三代蜂窝移动通信系统 (WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA 等)。随着 Internet 的普及, 市场对广域、高速无线接入的需求急剧增长, 无线局域网技术虽然能够提供较高的数据传输速率, 但在覆盖范围、安全性、计费等方面存在的固有不足使其无法满足为公用移动网提供无线数据接入服务的要求, 人们寄希望于能够提供较高数据传输速率的第三代蜂窝移动通信标准 IMT 2000 之上。

然而从第二代数字移动通信系统向第三代数字移动通信系统过渡, 并不是简单的一次升级, 由于技术、市场、业务开发和终端发展等多方面因素的限制, 它们之间的平滑过渡还需要有一定的时间, 而且在这期间还必须要有一些新型的通信技术来确保过渡过程的平滑性。

cdma2000-1x EV-DO 标准最早起源于 Qualcomm 公司的 HDR (高速数据速率) 技术。早在 1997 年, Qualcomm 就向 CDG (CDMA 发展组织) 提出了 HDR 的概念, 此后经过不断完善和实验, 在 2000 年 3 月以 cdma2000-1x EV-DO 的名称向 3GPP2 提交了正式的技术方案。cdma2000-1x EV 的意思是 Evolution, 表示标准的发展和演进; DO 的意思为 Data Only, 表示只支持数据业务, 后来为了更好地表达此技术的含义, 把 Data Only 改为 Data Optimized。EV-DO 即 Evolution-Data Optimized——演进数据优化, 表示 cdma2000-1x EV-DO 技术是对 cdma2000-1x 网络在提供数据业务方面的一个有效的增强和优化手段, 2000 年 10 月 3GPP2 投票表决把该标准定义为 C.S0024, 在美国的 TIA/EIA 称为 IS-856。

cdma2000-1x EV-DO 表示该技术只支持数据而不支持话音业务, 3GPP2 标准化组织定名为 HRPD (高速分组数据)。它能在与 IS-95/cdma2000-1x 相同的 1.25MHz 频带内采用专用的数据信道支持高速分组数据业务, 最初版本的前向最高数据速率可达 2.4576Mb/s, 反向最高数据速率可达 153.6Kb/s。2001 年 12 月在 ITU 的会议上, cdma2000-1x EV-DO 技术作为 cdma2000 家族的一个分支被吸纳为 IMT-2000 标准之一。cdma2000-1x EV-DO 是目前 cdma2000 网络中已标准化且现实可用的高速无线互联解决方案。

目前,移动通信得到迅速普及,用户主要使用的是移动语音通信,随着人们获取信息的需求增长和移动技术的发展,移动数据业务已经蓬勃发展起来。移动数据业务可以提供移动办公、视频播放等娱乐性应用,人们可以享受不受地域限制、随时随地的无线高速数据业务。cdma2000-1x 已由许多无线运营商部署并投入运营,可提供最高 307.2kb/s 的数据传输速率,但还不能完全满足人们高速访问计算机互联网的要求。cdma2000-1x EV-DO 是基于 cdma2000-1x 的无线数据增强系统,它秉承互联网的设计理念,针对数据业务的特点对无线接口技术进行优化,同时支持大容量与高速率业务,基本能够满足高速无线互联的要求。

cdma2000-1x EV-DO 技术是 cdma2000-1x 技术向提高分组数据传输能力方向的演进,它是在独立于 cdma2000-1x 的载波上向移动终端提供高速无线数据业务,但不支持语音业务,对于那些同时需要语音、数据业务的用户,可以与 IS-95/cdma2000-1x 联合组网。其后续系列 cdma2000-1x EV-DV 还可提供混合分组数据与语音业务。

由于数据和语音具有不同的特性,如数据速率对时延的实时性要求低于语音业务;数据业务对误码率的要求高于语音业务;对于前反向非对称而言,前向数据业务(基站到移动台)的速率需求较反向高出数倍,而语音业务则为严格的对称业务。因此,像在 cdma2000-1x 系统中那样,将数据业务和语音业务通过扩频码复用在一起,并通过快速功率控制来共享基站的发射功率和频率资源,对于高速数据业务来说系统效率较低。

cdma2000-1x EV-DO 系统设计思想是将高速分组数据与低速语音及数据业务分离开来,利用单独载频来提供高速分组数据业务,而传统的语音业务和中低速分组数据业务由 cdma2000-1x 系统承载。不同于 cdma2000-1x 系统采用闭环功率控制技术以抵消信道衰落带来的影响的传统方法,cdma2000-1x EV-DO 借助于新的帧结构、更短的时隙,采用“机会主义”前向调度算法,始终以最大功率为当前传输速率最高的终端服务,从而变对抗衰落为充分利用信道衰落,实现了系统整体的数据吞吐量的极大提高。这是无线传输在思想上的大的转变。这样不但可以获得更高的频谱效率,网络设计也比较灵活。

在具体设计时,充分考虑到 cdma2000-1x EV-DO 系统与 cdma2000-1x 系统的兼容性,并利用双模终端的互操作,来实现低速语音业务与高速分组数据业务的共同服务。而且,cdma2000-1x EV-DO 系统的设计最初是针对非实时、不对称的高速分组数据业务的。

作为 Internet 的无线接入手段,主要提供网页浏览、文件下载等传统互联网业务,并未考虑满足实时业务的需求,而传统互联网业务都具有上下行不对称性、对时延要求不高的特点。不对称性即系统的下行数据量远远高于上行数据量,因此,设计 cdma2000-1x EV-DO 系统时,重点改善了前向链路,对反向链路的优化相对较少。

cdma2000-1x EV-DO 前向链路采用了时分复用、自适应调制编码(AMC)、混合自动请求重发(HARQ)、多用户调度、功率分配和虚拟软切换等关键技术。最初 Rev0 的反向链路只是为了配合前向链路,增加了速率控制机制,基本沿袭了 cdma2000-1x 的技术,仅是采用了连续导频,改善了解调性能。从最终网络应用的结果来看,系统设计达到了预期的目的。以传输速率为例,Rev0 在单扇区系统满负载的情况下,可以提供平均为 600kb/s 的上网速率,达到与有线网络(如 ADSL)基本相同的水平。而为了与 cdma2000-1x 网络兼容,便于新技术的推广应用。cdma2000-1x EV-DO 系统在设计时,继承了 cdma2000-1x 的分组数据核心网及其与无线接入网的互操作规范,如互操作协议的 A8、A9、A10、A11 接口,以及分组核心网的安全机制。