

第三代移动通信系统的无线传输技术

周德锁¹, 管桦²

(1. 西北工业大学, 陕西 西安 710072; 2. 空军工程大学 科研部, 陕西 西安 710043)

摘要:依据2001年3月ITU发布的第三代移动通信标准的最新版本Release4,首先概述了第三代移动通信(the third generation,3G)发展的背景和几个最终被确定的国际标准及各自特点,然后综述了目前在该领域内全球最新的研究发展动态和成果。文中重点论述了由我国提出的具有自主知识产权的三代标准之一的TD-SCDMA的体系结构、系统优势、技术特点和发展前景等。最后,对我国第三代移动通信的发展,提出了作者的建议。

关键词:移动通信;频分双工;时分双工;宽带CDMA

中图分类号:TN929.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)02-0038-04

国际电联(ITU)于1985年提出了3G的概念,并在1996年正式定名为国际移动通信系统IMT-2000,其主要特征是:全球化、多媒体化、综合化、智能化、个人化。3G系统除了要使用先进的技术以满足系统性能外,制定出开放的、满足互联互通的3G标准已成为其商用前人们所关注的焦点。在2000年5月ITU-R全会上,通过了3G的无线传输技术(RTT)的标准^[1]-ITU-R M.1457。在2001年3月,3GPP通过了新的标准版本:Release 4。而ITU-R WP8F将完成新版本的ITU-R M.1457,即正式使用的3G标准。我国将3G看作一个十年难遇的契机,希望在3G产业方面彻底改变由外国企业独占我国市场的不利局面。从2001年5月起,将在国内开展3G的现场试验。在本文中,将对3G标准情况作一个简单介绍,重点论述TDD模式的特点和TD-SCDMA标准和技术特点,最后,对向3G演进的策略问题,作了一定的探讨。

1 第三代移动通信系统空中接口的国际标准

ITU规定,所有提交的3G标准都必须满足ITU-R M.1225所规定的最低要求^[2]即:①4种工作环境下提供数据业务的要求:移动卫星、高速移动(FDD·500 km/h, TDD·120 km/h, 64-144 kbps)、室内外步行(30 km/h, 384 kbps)、室内固定用户(3 km/h, 2 Mbps);②全球无缝覆盖;③主要业务要求:提供高质量语音、电路交换和包交换数据的高质量传输($BER < 10^{-6}$)、增值业务和智能网业务;④与第二代移动通信系统兼容。但由于3G高度复杂性及投资的巨大风险性,使得标准化工作未能按期达到满意的结果,到2000年12月还没有产生稳定的三代标准。而ITU当初设想的制定全球统一的三代标准的梦想也宣告破灭,最终不得不以ITU-2000“家族”的概念来平衡各方利益。截至规定时间,共有10个国家和组织向ITU提交了IMT-2000的RTT建议,在所提交的方案中,影响较大的有W-CDMA、cdma 2000和TDD-CDMA(中国、UTRA),它们都采用宽带传输和CDMA技术。cdma 2000主要由IS-95和IS-41标准发展而来,同时又采用了一些新技术,使其能满足IMT-2000的要求。W-CDMA源于欧洲和日本,我国提交了TD-SCDMA,该方案将智能天线技术、同步CDMA技术和软件无线电技术(统称3S技术)等融于其中,具有较高的频谱利用率、较低的成本和较大的灵活性,很具竞争性。表1给出了三大主流标准的关键技术和参数的比较(以2001年3月发布的Release 4为准)。

收稿日期:2001-07-04

作者简介:周德锁(1964-),男,江苏东台人,副教授,博士后,主要从事移动通信、卫星通信等研究。

表 1 被接受的三个主流标准主要参数比较

无线传输 技术参数	无线传输系统			
	W - CDMA	Cdma 2000	UTRA TD - CDMA	TD - SCDMA
信道带宽 (MHz)	5/10/20	1.25/5/10/20	5/10/20	1.6/5
信道要求特点	上下成对不对称	上下成对不对称	上下对称	上下对称
多址接入方式	DS - CDMA	DS/MC - CDMA	TD - CDMA	TD - SCDMA
双工方式	频分双工 (FDD)	频分双工 (FDD)	时分双工 (TDD)	时分双工 (TDD)
核心网兼容性	GSM MAP	ANSI - 41	GSM MAP	GSM MAP
帧长 (ms)	10 (15 slots)	20	10 (15 slots)	5 × 2 (7 + 3 slots)
调制数据	QPSK/BPSK	QPSK/BPSK	QPSK	DQPSK/8PSK
方式扩频	QPSK	OQPSK	QPSK	QPSK
最高移动速度	500 km/h	500 km/h	120 km/h (240)	110 km/h (240)
信道编码方式	卷积码, RS 码 (数据)	卷积码, Turbo 码	卷积码, Turbo 码	卷积码, Turbo 码, RS 码
扩频方式	前向: Walsh + Gold 反向: Walsh + Gold	前向: Walsh + M 序列 反向: Walsh + M 序列	前向: Walsh + PN 序列 反向: Walsh + PN 序列	前向: Walsh + PN 序列 反向: Walsh + PN 序列
交织方式	卷积码: 帧内交织 RS 码: 帧间交织	块交织, 交织深度为 20 ms	卷积码: 帧内交织 RS 码: 帧间交织	卷积码: 帧内交织 RS 码: 帧间交织
多速率业务	可变扩频因子和多 码 RI 检测, 高速率 盲检测, 低速率业务	可变扩频因子和多码 盲检测, 低速率业务	可变扩频因子, 多时 隙, 多码 RI 检测	可变扩频因子, 多时 隙, 多码 RI 检测
功率控制	开环 + 快速闭环 (1.5 kHz)	开环 + 快速闭环 (800 Hz)	开环 + 快速闭环 (200 Hz)	开环 + 快速闭环 (200 Hz)
码片速率 (Mcps)	$N \times 3.84, N=1,2,4$	$N \times 1.2288, N=1,3,6,9$	$N \times 3.84, N=1,2,4$	$N \times 1.28, N=1,3,6,9$

3G 面临的主要技术问题是如何在有限的带宽和多径传播的条件下,传输高速及可变速率数据的问题,而关于第三代移动通信标准的其它几个方面的问题是:

1) 核心网:3G 标准中,核心网标准进度比较慢。从 90 年代中开始制定标准以来到 3GPP 的 R'99 中确定的核心网标准,都是基于电路交换的网络。在包交换方面,则是基于 ATM 技术,这是当时技术发展所决定的。在电路交换网络中,无线接入网通过 Iuc 接入电路交换的业务,通过 Iup 接入包交换的业务,而核心网本身则是基于 GSM MAP 核心网的一个扩充和升级,显然不符合 3G 的要求,是一个过渡性的标准版本。但由于目前 IP 技术发展较快,很多公司从 99 年起就强烈提出全 IP 核心网的概念,并被国际标准化组织承认,将在 R'00 中完成标准化。

2) 后 3G 技术:考虑到新技术的发展,ITU 在 2000 年 3 月 WP8F 第一次会议上,提出了后 3G 的无线传输技术问题。目前主要考虑的是智能天线 (Smart/adaptive Antenna) 和软件无线电 (Software Defined Radio) 技术。要求各国对它们在 IMT - 2000 中的应用提出建议。而在 IMT - 2000 的 RTT 中,只有 TD - SCDMA 明确提出要使用智能天线,并将物理层技术以智能天线来进行设计。ITU 希望将此技术使用于 FDD 系统中,以全面提高 3G 的性能和容量。而软件无线电则是设备 (主要是用户终端设备) 的实现方式,不要再对每种模式开发一套专用芯片,而是基于通用的硬件平台,用软件来实现。

3) ITU 关于标准完善提高的策略:作为一代移动通信标准,希望此标准能使用到 2010 年以后,这必然遇到标准相对稳定性和新技术不断涌现之间的矛盾。为此采用如下方式来解决:

- 不断研究新技术,对新技术和可能的发展方向都留有足够的时间和空间来讨论和研究;
- 标准版本的修改更新,基本上每年一次,保证标准的相对稳定性;
- 对小修改每年均可进行,由 ITU - R WP8F 批准。但修改要向前兼容,以保证用户的利益;
- 对较大修改,由各标准化组织提出,ITU - R WP8F 讨论,ITU - R 大会通过;
- 对大修改,即完全新的技术,则必须由 ITU - R 大会批准,由各标准化组织和 ITU - R WP8F 研究提出,再由 ITU - R 大会通过。

2 TDD 和 TD-SCDMA

在 3G 标准制定过程中,国际上对无线通信中的 TDD 双工方式第一次给予了高度重视,在 CDMA 和 TD-MA 系统中都制定了 TDD 的标准,主要是因为同样满足 IMT-2000 要求的前提下,TDD 系统有如下特点:

- 在 3 GHz 以下,频率资源非常紧张。而 TDD 能使用各种频率资源,不需要成对的频率;
- 3G 业务中,数据业务将明显增加,且不对称的 IP 型的数据业务又是最重要和最主要的。而 TDD 方式特别适用于上下行不对称,具有不同数据传输速率的业务;
- TDD 上下行工作于同一频率,信道对称的特性可便于使用智能天线等新技术;
- TDD 系统设备成本较低,有可能比 FDD 系统低 20% - 50%。

TDD 系统主要缺点是移动速度和覆盖距离不如 FDD,由于 TDD 系统采用多时隙的不连续的传输方式,对抗快衰落和多普勒效应的能力比连续传输的 FDD 方式差;另外,TDD 系统中的平均功率和峰值功率之比随时隙数的增加而增加,考虑到耗电和成本因素,用户终端的发射功率不可能很大,故通信距离就比较小。但 TD-SCDMA 系统由于使用了 SA 和 JD,较好地解决了这两个问题。

1) 关于移动速度:移动速度的主要限制是多普勒效应所产生的频移和快衰落,由于是分时系统,这一限制更严格,需要基带数字信号处理技术来克服。而在 TD-SCDMA 系统中,基带数字信号处理技术是基于智能天线和联合检测,处理的效果更明显,其限制主要在数字信号处理能力和算法复杂性之间的矛盾。最新研究成果表明,在移动速度为 240 km/h 和 3GPP 规定移动环境下,TD-SCDMA 系统可支持全码道使用,因此,TD-SCDMA 移动速度与目前的 WCDMA 系统基本相当,证明其同样可以工作于高速移动环境。

2) 关于通信距离:通信距离是由链路估算来说明的。在同等发射功率,同样衰落环境和同样接收灵敏度下,不同 CDMA 系统应当有基本相同的通信距离。而 TD-SCDMA 针对分时所存在的缺点,使用智能天线来增加覆盖距离,因此,其通信距离与 FDD 基本相当。

另外,TDD 系统要求上下行之间必须要一个保护时隙,予留给远距离的用户终端,以达到上行同步。目前 TD-SCDMA 系统的保护时隙可以保证的通信距离为 10 km 左右。但是,当要求通信半径超过 10 km 时,必须让出一个上行时隙,小区半径就仅仅取决于发射功率,和 FDD 系统相同。虽然少使用一个上行,系统容量减少了 33%,但仍然比其它系统高 39% 左右。

因此,传统的移动通信系统必须以 FDD 为主要的观点已改变,TDD 方式在 3G 中已得到充分的重视,尤其是在通信热点地区、不对称数据及多媒体业务方面具有明显优势。根据 ITU 的要求,3G 应是一个综合网络,它将利用卫星移动通信系统来实现全球无缝覆盖,用 FDD 或 TDD 系统来建设各种区制的地面网络,通过多种网关/网桥给人们提供 5W 服务。

目前 3GPP 的 CDMA TDD 标准有 2 个模式:UTRA TDD 和 TD-SCDMA。它们在高层信令和部分物理层技术是相同的,但它们设计的出发点是不同的,其主要性能和用途有所不同。对两个 TDD 有关性能参数的计算比较,TD-SCDMA 优势上更明显。另外,UTRA TDD 是 WCDMA(FDD)系统的一个补充,是一个使用于室内环境,提供数据和多媒体的系统。而 TD-SCDMA 是基于 ITU 对 IMT-2000 的全部要求设计的,解决了移动速度和小区半径等 TDD 方式所存在的问题,因此本身就可以组成一个完整的蜂窝网络。

3 移动通信由第二代向第三代演进策略

由于第二代系统已在全球范围内取得巨大成功,而且目前还处在较快的发展时期,因此,现在人们关心的问题是发展 3G。显然,如果完全抛弃日益完善的二代系统网而直接建造 3G 网,势必将造成严重的资源浪费和重复投资,也不利于三代的稳定、健康和顺利的发展。为了最大限度地利用现有系统资源,采用由二代向三代平滑过渡的方式应是首选的发展策略,它不仅符合现有用户、生产商和运营商的各方利益,而且也适合于 3G 发展特点,因为在初期它还将是以话音业务为主,加上少量数据业务,而且主要是基于 internet 所需要的不对称的包交换(IP)业务。我们分析,在未来 10 年左右的时间,3G 可能分为三个发展阶段:

- 初期(2005 年前),第二代移动通信网将继续发展,利用第二代网络,在通信热点地区提供 3G 业务,

数据业务速率不超过 384 kbps,用第二代系统网络和双模终端实现漫游;

· 中期(2010年前),这是 3G 的高速发展期,在此阶段,第二代移动通信网络和系统逐步停止发展并最终退出,完善的 3G 网络基本建成,且全面达到 IMT-2000 的要求;

· 后期(2010年以后),全球 20%以上人口使用 3G 提供的服务,提供更高速率多媒体业务的 3G 后系统概念和标准初步形成,并相应进行早期系统开发。

根据以上分析,本文建议第二代向 3G 演进的过程可分为下面两个阶段实现平滑过渡:

第一阶段:在第二代网络中提供 3G 业务。如对现有 GSM 网络,使用 TD-SCDMA 的 BSS(基站子系统)扩容,而热点地区,可在现有 GSM 基站的站址增加 TD-SCDMA 基站,使用双频双模终端实现通信覆盖。此时的 3G 用户在 TD-SCDMA 基站覆盖区内,可以享受 3G 服务。在覆盖区域以外,则使用 GSM 工作。显然,初期用户在享受 3G 服务时,只能在同一 BSS 的 TD-SCDMA 基站之间实现越区切换,而 GSM 网络的功能将不受影响。用此方式,不仅扩大了容量,而且还为这些地区提供了 3G 业务,也为以后向 3G 过渡打下了基础。至此,3G 的覆盖范围可能逐步达到在大城市将有几十到上百个 3G 的 BTS,系统将支持不同 BSS 之间的越区切换。但由于还没有实现大区制的完全覆盖,因此自动漫游还必须依靠 GSM 网络。

第二阶段:基本过渡到 3G 网络。到 2005 年左右,3G 将进入高速发展时期,完善的 3G 网络基本建成,且将可能是基于全 IP 的网络。用户可通过 Iu 接口或 Iub 接口进入该全 IP 的核心网。对初期系统设备,只需对 BSS 软件升级,满足全 IP 核心网的要求。而网络中投资最大的 BTS 部分已经在第一阶段建成了,只要对其接口进行软件升级,不需增加硬件的投入。此时,网络中 TDD 基站和 FDD 基站共存,且是一个大区制覆盖并可提供漫游的完整的网络。由此实现了从第二代到第三代的平滑演进或过渡,这样即节省投资,又维护了各方的利益。

通过对最新的 3G 标准进行分析研究后认为,由于技术的复杂性,3G 真正走进人类生活比预期时间要推迟 2~4 年,但随着研究的不断深入,有关技术难题必将得到逐步解决。3G 技术中,TDD 模式的频谱灵活性、提供不对称业务和低价格等方面的优势已被认可。在提供移动数据业务,特别是 IP 型业务方面的优势,使 TDD 系统在通信热点和密集地区有较强的竞争力。TD-SCDMA 系统由于采用了智能天线、联合检测、上行同步等先进的技术,因而具有较好的性能和较高容量,在城市环境下和通信热点地区,该系统将是很好的解决方案。

(编辑:门向生)

参考文献:

- [1] R 1457. ITU-R Recommendation[S].
- [2] M 1225. ITU-R Recommendation[S].

Radio Transmission Techniques of the Third Generation Mobile Communication System

ZHOU De-suo¹, GUAN Hua²

(1. Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China; 2. Department of Scientific Research, Air Force Engineering University, Xi'an 710043, China)

Abstract: According to the latest version of the third generation mobile communication released by ITU in March 2001, this paper outlines the developing background of 3G and introduces several international standards finally accepted by ITU and their characteristics, then summarizes the latest researching and developing trend and the achievement in this field around the world. The paper emphatically discusses the schemes, system advantages, technical features and developing prospects of the TD-SCDMA - one of the 3G international standards and with our own intellectual property. Finally the paper presents several proposals concerning the development of 3G mobile communication in our country.

Keywords: mobile communication; FDD; TDD; wideband CDMA