·综 述·

移动通信技术及发展

解 梅*

(电子科技大学电子工程学院 成都 610054)

【摘要】介绍了模拟蜂窝移动通信网和数字蜂窝移动通信系统的发展状况，分析了不同移动通信系统的网络结构和接口协议分层，讨论了WCDMA的系统结构和组成形式，并对其中的用户终端设备及核心网络等关键技术进行了分析，对未来移动通信发展的趋势和采用的关键技术作了探讨。

关 键 词 第三代移动通信系统; 宽带码分多址; 关键技术; 网络结构

中图分类号 TN911 文献标识码 A

Mobile Communication Technology

Xie Mei

(School of Electroinc Engineering, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract With rapid development of the technologies and the standard of the third generation mobile communication, third-generation mobile telecom system have been one of the new and the hottest research spot in the communication field of the world. In the paper, the development of the mobile communication technology is introduced, and analyzes network architecture and protocol in the three 3G systems. The mainly technology question of the mobile communication in the construction is discussed. Finally, some key technologies of further development of mobile communications are discussed.

Key words third-generation mobile telecom system; wideband code division multiple access; key technology; network architecture

目前，移动通信已经过了两代，第一代是模拟蜂窝移动通信网，时间跨度是上世纪70年代中期至80年代中期。1978年，美国贝尔实验室研制成功先进的移动电话系统(AMPS)，建成了蜂窝状移动通信系统，其他工业化国家也相继开发出了蜂窝式移动通信网。这一阶段相对于以前的移动通信系统，最重要的突破是贝尔实验室提出了蜂窝网的概念，即小区制，由于实现了频率复用，大大提高了系统容量。第一代移动通信系统的主要特点是采用频分复用(FDMA)模拟制式，语音信号为模拟调制。其典型代表是美国的AMPS系统(先进移动电话系统)和改进型系统TACS(总接入通信系统)等。

第二代是以GSM和IS-95为代表的数字蜂窝移动通信系统，从上世纪80年代中期开始，至今仍在于高速发展中。模拟蜂窝网虽然取得了很大的成功，但其频谱利用率低，业务种类受限，通话易被窃听，难以满足移动通信系统的发展。到了80年代中期，欧洲推出了泛欧数字移动通信网(GSM)的体系。随后，美国和日本也制订了各自的数字移动通信体制。数字移动通信网相对于模拟移动通信网，提高了频谱利用率，支持多种业务服务，并与ISDN等兼容。第二代移动通信系统以传输话音和低速数据业务为目的，又称为窄带数字通信系统，其典型代表是美国的DAMPS系统、IS-95和欧洲的GSM系统。

2002年7月17日收稿

* 女 37岁 博士 教授 主要从事信号与信息处理、计算机通信和计算机网络方面的研究

由于第二代移动通信以传输话音和低速数据业务为目的，从1996年开始，为了解决中速数据传输问题，又出现了2.5代的移动通信系统，如GPRS和IS-95B。移动通信主要提供的服务仍然是语音服务和低速率数据服务。由于网络的发展，数据和多媒体通信发展迅猛，所以第三代移动通信的目标即宽带多媒体通信。

第三代移动通信系统是一种能提供多种类型、高速数据传输、高质量的多媒体业务，能实现全球无缝覆盖，具有全球漫游能力，与固定网络相兼容，并以小型便携式终端在任何时候、任何地点进行不同种类的通信系统。第三代移动通信系统的目标为[1~6]：1) 用户可以在整个系统甚至全球范围内漫游，且可以在不同速率、不同运动状态下获得有质量保证的服务；2) 提供话音、可变速率的数据、活动视频非话等业务，特别是多媒体业务；3) 可以综合现有的公众电话交换网(PSTN)、综合业务数字网、无绳系统、地面移动通信系统、卫星通信系统等提供无缝隙的覆盖；4) 足够的系统容量，强大的多种用户管理能力，高保密性能和高质量的服务。

为实现上述目标，对其无线传输技术(radio transmission technology，RTT)提出了以下要求：1) 高速传输以支持多媒体业务，其室内环境至少2 Mbit/s，室内外步行环境至少384 kbit/s，室外车辆运动中至少144 kbit/s，卫星移动环境至少9.6 kbit/s；2) 传输速率能够按需分配；3) 上下行链路能适应不对称需求。

1 三种主要技术体制

第三代移动通信系统主要有WCDMA、cdma2000和TD-SCDMA三种技术体制。

1.1 WCDMA技术体制

核心网基于GSM/GPRS网络的演进，保持与GSM/GPRS网络的兼容性。核心网络可以基于TDM、ATM和IP技术，并向全IP的网络结构演进。核心网络逻辑上分为电路域和分组域两部分，完成电路型业务和分组型业务。UTRAN基于ATM技术，统一处理语音和分组业务，并向IP方向发展。MAP技术和GPRS隧道技术是宽带码分多址(WCDMA)体制移动性管理机制的核心。空中接口采用WCDMA：信号带宽5 MHz，码片速率3.84 Mcps，AMR语音编码，支持同步/异步基站运营模式，上下行闭环加外环功率控制方式，开环(STTD、TSTD)和闭环(FBTD)发射分集方式，导频辅助的相干解调方式，卷积码和Turbo码的编码方式，上行BPSK和下行QPSK调制方式。

1.2 cdma2000技术体制

cdma2000体制是基于IS-95的标准基础上提出的第三代移动通信系统(3G)标准，目前其标准化工作由3GPP2来完成。电路域继承2G IS95 CDMA网络，引入以WIN为基本架构的业务平台，分组域基于Mobile IP技术的分组网络，无线接入网以ATM交换机为平台，提供丰富的适配层接口。空中接口采用cdma2000兼容IS95：信号带宽为N×1.25 MHz(N＝1,3,6,9,12)，码片速率为N×1.228 8 Mcps，8K/13K QCELP或8K EVRC语音编码，基站需要GPS/GLONESS同步方式运行，上下行闭环加外环功率控制方式，前向采用OTD和STS发射分集方式，反向采用导频辅助的相干解调方式，编码方式采用卷积码和Turbo码，调制方式为上行BPSK和下行QPSK。

1.3 TD-SCDMA技术体制

TD-SCDMA标准由中国无线通信标准组织CWTS提出，目前已经融合到3GPP关于WCDMA-TDD的相关规范中。核心网基于GSM/GPRS网络的演进，保持与GSM/GPRS网络的兼容性。核心网络可以基于TDM、ATM和IP技术，并向全IP的网络结构演进。核心网络逻辑上分为电路域和分组域两部分，分别完成电路型业务和分组型业务。UTRAN基于ATM技术，统一处理语音和分组业务，并向IP方向发展。MAP和GPRS隧道技术是WCDMA体制移动性管理机制的核心。空中接口采用TD-SCDMA，具有3S特点，即智能天线(smart antenna)、同步CDMA(synchronous CDMA)和软件无线电(software radio)。TD-SCDMA采用的关键技术有智能天线＋联合检测、多时隙CDMA＋DS-CDMA、同步CDMA、信道编译码和交织(与3GPP相同)、接力切换等，三种主要技术体制的对比情况如表1所示。

表1　三种主要技术体制

制式	采用国家	继承基础	试用期	同步方式	码片数率/Mcps	信号带宽/MHz	空中接口	核心网
WCDMA	欧洲、日本	GSM	日本2001年	异步	3.84	5	WCDMA	GSM MAP
cdma2000	美国、韩国	窄带CDMA	韩国2000年	同步	N×1.228 8	N×1.25	cdma2000 兼容IS-95	ANSI-41
TD-SCDMA	中国	GSM		异步	1.28	1.6	TD-SCDMA	GSM MAP

2　WCDMA系统

通用移动通信系统(universal mobile telecommunications system，UMTS)是采用WCDMA空中接口技术的第三代移动通信系统，通常把UMTS系统称为WCDMA通信系统。UMTS系统采用了与第二代移动通信系统类似的结构，包括无线接入网络(radio access network，RAN)和核心网络(core network，CN)。其中无线接入网络用于处理所有与无线有关的功能，而CN处理UMTS系统内所有的话音呼叫和数据连接，并实现与外部网络的交换和路由功能。CN从逻辑上分为电路交换域(circuit switched domain, CS)和分组交换域(packet switched domain, PS)。UTRAN、CN与用户设备(user equipment，UE)构成了整个UMTS系统，其系统结构如图1所示。

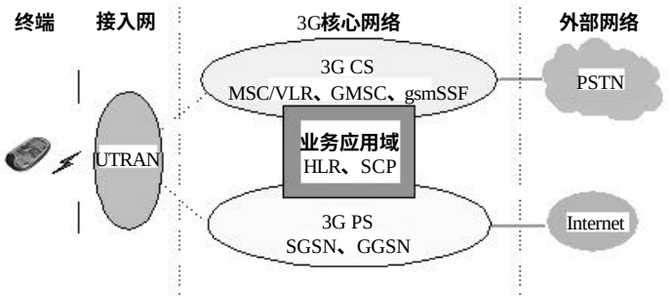

图1　UMTS的系统结构

2.1　UMTS系统网络构成

UMTS系统网络单元构成如图2所示，包括以下五部分：

1) UE(user equipment)用户终端设备，主要包括射频处理单元、基带处理单元、协议栈模块以及应用层软件模块等。UE通过Uu接口与网络设备进行数据交互，为用户提供电路域和分组域内的各种业务功能，包括普通话音、数据通信、移动多媒体、Internet应用(如E-mail、WWW浏览、FTP)。UE包括ME(mobile equipment)，提供应用和服务，USIM(UMTS subscriber module)提供用户身份识别。

2) UTRAN(UMTS terrestrial radio access network，UMTS)，Node B是WCDMA系统的基站(即无线收发信机)，包括无线收发信机和基带处理部件，通过标准的Iub接口和RNC互连，完成Uu接口物理层协议的处理。RNC是无线网络控制器，主要完成连接建立和断开、切换、宏分集合并、无线资源管理控制等功能，具体如下：(1) 执行系统信息广播与系统接入控制；(2) 切换和RNC迁移等移动性管理；(3) 宏分集合并、功率控制、无线承载分配等无线资源管理和控制。

3) CN(core network)核心网络，负责与其他网络的连接和对UE的通信和管理，主要功能实体如下：(1) MSC/VLR是WCDMA核心网CS域功能节点，通过Iu_CS接口与UTRAN相连，PSTN/ISDN接口与外部网络(PSTN、ISDN等)相连，C/D接口与HLR/AUC相连，E接口与其他MSC/VLR、GMSC或SMC相连，CAP接口与SCP相连，Gs接口与SGSN相连，其主要功能是提供CS域的呼叫控制、移动性管理、鉴权和加密等；(2) GMSC是WCDMA移动网CS域与外部网络之间的网关节点，是可选功能节点，通过PSTN/ISDN接口与外部网络(PSTN、ISDN、其他PLMN)相连，C接口与HLR相连，CAP接口与SCP相连，完成VMSC中的呼入呼叫的路由功能及与固定网等外部网络的网间结算功能；(3) SGSN是WCDMA核心网PS域功能节点，通过Iu_PS接口

与UTRAN相连，Gn/Gp接口与GGSN相连，Gr接口与HLR/AUC相连，Gs接口与MSC/VLR，CAP接口与SCP相连，Gd接口与SMC相连，Ga接口与CG相连，Gn/Gp接口与SGSN相连，提供PS域的路由转发、移动性管理、会话管理、鉴权和加密等功能；(4) GGSN是WCDMA核心网PS域功能节点，通过Gn /Gp接口与SGSN相连，Gi接口与外部数据网络(Internet /Intranet)相连。GGSN提供数据包在WCDMA移动网和外部数据网之间的路由和封装。GGSN主要功能是同外部IP分组网络的接口功能，GGSN需要提供UE接入外部分组网络的关口功能，从外部网的观点来看，GGSN如可寻址WCDMA移动网络中所有用户IP的路由器，需要同外部网络交换路由信息；(5) HLR是WCDMA核心网CS域和PS域共有的功能节点，如通过C接口与MSC/VLR或GMSC相连，Gr接口与SGSN相连，Gc接口与GGSN相连，其主要功能是提供用户的签约信息存放、新业务支持、增强的鉴权等。

4) External networks，即外部网络，可以分为两类：(1) 电路交换网络(CS networks)，提供电路交换的连接，象通话服务、ISDN 和PSTN均属于电路交换网络；(2) 分组交换网络(PS networks)，提供数据包的连接服务，Internet属于分组数据交换网络。

5) 系统接口有以下几种：(1) Cu接口，即USIM卡和ME之间的电气接口，采用标准接口；(2) Uu接口，即WCDMA的无线接口，UE通过Uu接口接入到UMTS系统的固定网络部分，是UMTS系统中最重要的开放接口；(3) Iu接口，即连接UTRAN和CN的接口，类似于GSM系统的A接口和Gb接口，是一个开放的标准接口，使通过Iu接口相连接的UTRAN与CN可由不同的设备制造商提供；(4) Iur接口，即连接RNC之间的接口，是UMTS系统特有的接口，用于对RAN中移动台的移动管理。如在不同的RNC之间进行软切换时，移动台所有数据都是通过Iur接口从正在工作的RNC传到候选RNC，Iur是开放的标准接口；(5) Iub接口，即连接Node B与RNC的接口，也是一个开放的标准接口，使通过Iub接口相连接的RNC与Node B可以分别由不同的设备制造商提供。

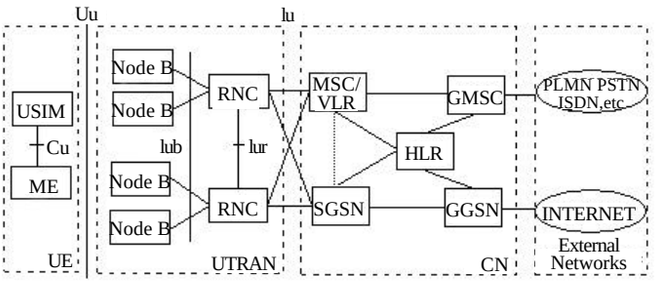

图2 UMTS网络单元构成示意图

2.2 UTRAN的基本结构

UTRAN的结构如图3所示，包含一个或几个无线网络子系统(RNS)。RNS由一个无线网络控制器和一个或多个基站(Node B)组成。RNC与CN之间的接口是Iu接口，Node B和RNC通过Iub接口连接。在UTRAN内部，无线网络控制器(RNC)之间通过Iur互联，Iur可以通过RNC之间的直接物理连接或通过传输网连接。RNC用来分配和控制与之相连或相关的Node B的无线资源。 Node B则完成Iub接口和Uu接口之间的数据流的转换，同时也参与一部分无线资源管理。UTRAN各个接口的协议结构是按照一个通用的协议模型设计的，设计的原则是层和面在逻辑上互相独立。

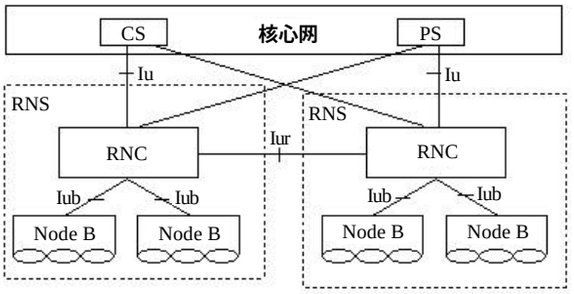

图3 UTRAN的结构

3　移动通信发展的趋势和关键技术

随着第三代移动通信系统的不断成熟，国内外有关第四代移动通信的研究正在悄然进行。由于未来移动通信系统要求能更好地支持多媒体、数据、Internet及其综合业务等，因此第四代移动通信系统无论在业务、功能、频带上都不同于第三代系统。其关键技术主要体现在以下几个方面[7~18]：1) OFDM技术属于多载波调制(MCM)，将指配的信道分成许多正交子信道，在每个子信道上进行窄带调制和传输，同时要求信号带宽小于信道的相关带宽。由于OFDM技术具有良好的抗噪声性能和抗多径干扰的能力，以及频谱利用率高、硬件实施简单等特点，普遍认为是第四代移动通信系统的核心技术；2) 软件无线电技术，实现系统间无缝切换，保证用户能在不同系统间漫游，移动终端和网络的再分配，使系统具有良好的灵活性、可扩展性；3) 智能天线系统具有抑制信号干扰、自动跟踪以及数字波束调节等功能，用于提高系统信噪比，提高系统通信质量和容量，同时可降低系统整体造价；4) 移动智能网技术与IP技术结合，IP技术将成为未来网络的核心关键技术，在业务控制分离的基础上，网络呼叫控制和核心交换传送网的进一步分离，使网络结构分为业务应用层、控制层以及由核心网和接入网组成的网络层。

4　结 束 语

本文对移动通信的发展状况作了介绍，分析了WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA三种体制的特点，对WCDMA的系统结构及关键技术进行了讨论。目前第三代移动通信已成为全球电信业的一个新的热点。随着第四代移动通信技术的研究和开发，将为我国的通信市场带来巨大的商机。

参　考　文　献

[1] Vijay K G著. 第三代移动通信系统原理与工程设计[M]. 于　鹏译，北京：电子工业出版社，2001

[2] Ojanpera T, Prasad R. WCDMA: towards IP mobility and mobile internet[C], Artech House Publishers, 2001

[3] Rappaport T S, Wireless communications principles and practice[C]. Prentice Hall Inc, 1996

[4] Zeng M, Annamalia A, Bhargava V K. Recent advantage in cellular wireless communication[J]. IEEE Communications Magazine, 1999, 37(9): 128-138

[5] 蒋良成，陈　玉. cdma 2000移动通信系统的发展现状与展现[J]. 电信科学，2001, 17(4): 36-38

[6] 张传福，吴伟陵. 第三代移动通信系统的QoS[J]. 通信学报，2001, 22(1): 70-76

[7] 陈文胜，宋茂强. GSM手机到WCDMA终端的演变[J]. 电信科学，2001, 17(10): 15-18

[8] 蒋同泽，现代移动通信系统[M]. 北京：电子工业出版社，1994

[9] Tjelta T, Nordbotten A, Annoni M, *et al*. Future broadband radio access system for integrated services with flexible resource management[J]. IEEE Communications Magazine, 2001,39(8): 56-63

[10] Dinis M, Femandes J. Provision of sufficient transmission capacity for broadband mobile multimedia: a step toward 4G[J]. IEEE Communications Magazine, 2001,39(8): 46-54

[11] 尤肖虎. 我国第三代移动通信研究开发进展[J]，电信科学，2001, 17(2): 11-17

[12] James D S著. 移动IP[M]. 裘晓峰译，北京：机械工业出版社，2000

[13] 吴伟陵. 移动通信中的关键技术[M]. 北京：北京邮电大学出版社，2002

[14] Sarikaya B. Packet mode in wireless networks: overview of transition to third generation[J], IEEE Communications Magazine, 2000, 38(9): 164-172

[15] 尤肖虎，曹淑敏，李建东. 第三代移动通信系统发展现状与展望[J]，电子学报，1999, 27(11A): 9-15

[16] Proakis J G. Digital communications[M]. New York: McGraw-Hill, 1989

[17] Viterbi A J. CDMA principles of spread spectrum communications[C]. Reading Mass: Addision-Wesley Publishing Company, 1995

[18] 朱近康. 面向新一代移动通信的智能移动通信技术[J]. 电子学报, 1999, 27(11A): 16-20

编　辑　徐培红