

四川省2013年度重点图书

面向4G 通信的高性能 计算技术

——基带处理算法并行分解与实现

MIANKIANG 4G TONGXIN
JISUAN JISHU

主编 / 李玉柏



电子科技大学出版社

四川省2013年度重点图书

面向4G 通信的高性能 计算技术

——基带处理算法并行分解与实现
MIANXIANG 4GTONGXIN DE GAOXINGNENG
JISUAN JISHU

主编 / 李玉柏



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

面向 4G 通信的高性能计算技术: 基带处理算法并行分解与实现 / 李玉柏主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-5647-2471-9

I. ①面… II. ①李… III. ①码分多址移动通信—基带传输—计算方法—研究 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 135984 号

面向 4G 通信的高性能计算技术
——基带处理算法并行分解与实现

主编 李玉柏

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 谢应成 张克铃
责任编辑: 谢应成
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 成都市火炬印务有限公司
成品尺寸: 170mm×240mm 印张 18 字数 333 千字
版 次: 2014 年 7 月第一版
印 次: 2014 年 7 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-2471-9
定 价: 40.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

信息化的发展是以数字化为背景的,而 DSP 技术则是数字化最基本、最重要的技术之一。在过去 20 年里,单个 DSP 处理器的性能得到很大改善,软件 and 开发工具也得到相应的发展。

然而,在科学技术飞速发展的今天,人们对信号处理的实时性要求越来越高,这导致传统架构的单核 DSP 逐渐不能满足市场需要。尤其是 4G 移动通信的发展,不论是基站,还是终端设备的基带处理都需要多核计算架构,在这种情况下,并行处理成为发展的必然趋势,多核 DSP 也应运而生。本书正是在这样的背景下,介绍多核 DSP 的发展历程及其特点,并给出了针对 LTE-A 基带多核并行处理的部分应用实例。

本书的第一章,也就是第一部分,介绍 4G 通信技术的概念、关键技术、系统级计算架构,以及实现 4G 系统需要的多核处理器的发展。第二章对多核 DSP 本身的结构特性进行概述;第三章重点介绍高性能 DSP 中常用的两个协处理器:TCP 和 VCP;第四章和第五章则针对 TI DSP 的新型高速接口——SRIO 和 AIF 展开相应的讨论,以上四章构成了本书的第二部分——多核计算的处理平台介绍。从第六章开始,针对 LTE-A 的基带处理,重点讲述了多核 DSP 的具体应用,包括第六章介绍 LTE-A 基带处理核心算法,第七章介绍 OFDM 调制解调中的 FFT/IFFT 并行计算,第八章介绍 Viterbi 编译码并行计算,第九章介绍 Turbo 编译码并行计算,第十章介绍并行矩阵运算,第十一章介绍数字滤波器 FIR 的并行实现。在各章节中,以及书的附录给出了部分程序实例,以方便需要的人员查阅。

本书的读者对象是通信领域的研究生和高年级本科生,以及科学技术界和产业界从事通信技术和 DSP 技术研究和开发的科研人员和工程技术人员。

本书由李玉柏教授担任主编,对全书统稿与审校,并编写第一章、第二章和第六章;王坚编写第七章到第十一章;李桓编写第三章到第五章;研究生陈斐、张靓、何忱远、范玉衡、李国圣、钟阳、薛珊珊和杨凯琪等参加了本书部分

内容的整理、程序编写和图表制作。

本书的出版得到了四川省新闻出版局和电子科技大学出版社的大力支持，特向他们致以诚挚的谢意。对电子科技大学出版社编辑们认真细致的工作和付出的辛勤劳动表示由衷的敬意和感谢。

由于我们的水平和视野有限，本书中可能还存在不当和错误之处，敬请使用本书的读者们批评指正，以便我们在重印和修订时改正。

编 者

2014 年 1 月于电子科技大学

目 录

第一部分 4G 通信技术简介

第一章 4G 通信中的系统计算.....	2
1.1 什么是 4G 通信技术.....	2
1.2 4G 通信技术的五大标准.....	7
1.3 4G 通信的关键技术.....	10
1.4 4G 通信技术的系统级计算.....	14
1.5 4G 通信系统的 DSP 技术.....	21
本章小结.....	27

第二部分 多核 DSP 处理器介绍

第二章 TMS320C66xx 多核 DSP 的主要特征.....	29
2.1 多核 DSP 基本特性.....	29
2.2 多核 DSP 接口及外设概述.....	32
2.3 多核 DSP 的核间通信.....	38
2.4 针对无线通信基站的处理架构.....	43
本章小结.....	45
第三章 TMS320C6000 协处理器.....	46
3.1 TCP2 协处理器及使用方法.....	46
3.2 VCP 协处理器及使用方法.....	54
本章小结.....	58
第四章 高速串行接口 SRIO 及使用.....	59
4.1 高速串口 SRIO 简介.....	59
4.2 SRIO 的使用方法.....	64
4.3 SRIO 的性能评估.....	68
本章小结.....	70



第五章 AIF 天线接口介绍及使用	71
5.1 AIF 接口介绍	71
5.2 AIF 的使用方法	82
5.3 AIF 的性能评估	93
本章小结	95

第三部分 基于多核 DSP 的无线通信基带算法

第六章 LTE-A 基站的基带处理技术	97
6.1 LTE-A 基站的物理层概述	97
6.2 LTE-A 基站的物理层关键技术	107
6.3 LTE-A 物理层仿真	117
6.4 LTE-A 基带处理的并行算法	124
本章小结	128
第七章 FFT/IFFT 算法	129
7.1 FFT/IFFT 算法简介	129
7.2 并行 FFT 算法	135
本章小结	146
第八章 Viterbi 译码算法	147
8.1 Viterbi 算法简介	147
8.2 并行 Viterbi 算法	154
本章小结	158
第九章 Turbo 译码器	159
9.1 Turbo 译码算法简介	159
9.2 并行 Turbo 算法流程	174
9.3 基于多核 DSP 的 Turbo 性能分析	178
本章小结	183
第十章 矩阵求逆算法	184
10.1 矩阵求逆算法简介	184
10.2 并行矩阵求逆算法流程	192
10.3 基于多核 DSP 的矩阵求逆性能分析	194

本章小结	200
第十一章 FIR 滤波器	201
11.1 FIR 滤波器的基本原理	201
11.2 FIR 滤波器的并行滤波结构	202
11.3 FIR 并行滤波结构的多核 DSP 实现	210
本章小结	214

第四部分 附 录

附录 1 TCP2 演示程序, SA 模式	216
附录 2 TCP2 演示程序, SP 模式	225
附录 3 VCP2 演示程序, 硬判决	235
附录 4 VCP2 演示程序, 软判决	244
附录 5 SRIO 性能测试程序	253
附录 6 AIF 性能测试程序	259

第一部分

4G 通信技术简介

第一章 4G 通信中的系统计算

在 3G 通信技术正处于试用和酝酿发牌之时, 下一代移动通信技术已经在实验室进行研发和试用。因此, 在人们期待第三代移动通信系统所带来的优质服务的同时, 第四代移动通信系统(The 4th Generation Mobile Communication system, 4G)的最新技术也悄然在进行中。

那么, 到底什么是 4G 通信呢? 下面将从 4G 通信技术的系统性能要求、技术标准、系统处理架构, 以及数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)技术发展对其支持的几个方面进行阐述, 分析 4G 移动通信系统的计算架构和多核 DSP 的应用。

1.1 什么是 4G 通信技术

到 2009 年为止人们还无法对 4G 通信进行精确地定义, 有人说 4G 通信的概念来自其他无线服务的技术, 从无线应用协定、全球袖珍型无线服务到 3G; 有人说 4G 通信是一个超越 2010 年以外的研究主题, 4G 通信是系统中的系统, 可利用各种不同的无线技术。但不管人们对 4G 通信怎样进行定义, 有一点人们能够肯定的是 4G 通信可能是一个比 3G 通信更完美的新无线世界, 它可创造出许多消费者难以想象的应用。

目前, 以 LTE 技术为标志的无线技术标准被宣传为 4G 无线标准, 但它其实并未被第三代合作伙伴计划(The 3rd Generation Partnership Project, 3GPP)认可, 国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)把它描述为下一代无线通信标准 IMT-Advanced, 只有升级版的 LTE Advanced 才满足国际电信联盟对 4G 的要求。4G 最大的数据传输速率超过 100Mbit/s, 这个速率是移动电话数据传输速率的 1 万倍, 也是 3G 移动电话速率的 50 倍。4G 手机可以提供高性能的汇流媒体内容, 并通过 ID 应用程序成为个人身份鉴定设备。它也可以接受高分辨率的电影和电视节目, 从而成为合并广播和通信的新基础设施中的一个纽带。此外, 4G 的无线即时连接等某些服务费用会比 3G 便宜。还有, 4G 有望集成不同模式的无线通信——从无线局域网和蓝牙等室内网络、蜂窝信号、广播电视到卫星通信, 移动用户可以自由地从一个标准漫游到另一个标准。



4G 通信技术并没有脱离以前的通信技术,而是以传统通信技术为基础,并利用了一些新的通信技术来不断提高无线通信的网络效率和功能。如果说 3G 能为人们提供一个高速传输的无线通信环境的话,那么 4G 通信会是一种超高速无线网络,一种不需要电缆的信息超级高速公路,这种新网络可使电话用户以无线及三维空间虚拟实境连线。在 3G 移动业务应用刚刚迈出脚步时,就出现了支持语音、数据和视频三种格式的传输技术高速下行链路分组接入技术。与此同时,真正意义上的宽带数据速率标准 4G 概念也开始出现,它包括宽带无线固定接入、宽带无线局域网、移动宽带系统、互操作的广播网络和卫星系统等,是集多种无线技术和无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)系统为一体的综合系统,也是宽带 IP 接入系统。

在 4G 通信系统中,移动用户可以实现全球无缝漫游,满足高速率、大容量的业务需求,同时克服高速数据在无线信道下的多径衰落和多径干扰。总之,4G 是一种超高速无线网络,一种不需要电缆的信息超级高速公路。这种新网络可使电话用户以无线形式实现全方位虚拟连接。

1.1.1 4G 通信系统的要求

4G 系统总的技术目标和特点可以概括为:系统应具有更高的数据率、更好的业务质量(Quality of Service, QoS)、更高的频谱利用率、更高的安全性、更高的智能性、更高的传输质量、更高的灵活性。4G 系统应能支持非对称性业务,并能支持多种业务。4G 系统应体现移动与无线接入网和 IP 网络不断融合的发展趋势。

下面从不同角度讨论 4G 系统的要求。

(1) 从网络角度

统一的移动性和安全性管理,要求考虑不同网络对等实体的交互。其主要解决的问题是漫游时会话的不间断性和服务的流动性,目前已经出现一些解决方案来完成此项功能,如移动 IP 技术和会话初始协议(SIP)。

端到端的 QoS 协商支持,涉及网络层及以上的互联网协议体系。3GPP 起草了 UMTS 网络的综合 QoS 架构,现在正致力于通用的 QoS 架构的研究。

采用中介服务器进行用户认证、授权和计费。随着 IP 网络的发展,运营商需要为同时接入网络的上千并发用户提供 AAA(Authentication、Authorization、Accounting)服务,还必须安全地支持跨网 AAA 服务,且应具有良好的扩展性,这就要求扩展现有 AAA 协议的功能。鉴此,IET 正着手开发下一代 AAA 协议,即 Diameter 协议。Diameter 是一个轻型的对等式的 AAA 协议,采用了改进的重发机制,提高网络可靠性,同时还提供一种新的端到端的安全机制。

(2) 从终端角度

支持多种通信模式,具有自适应能力和重配置能力。终端可以通过自身
的重配置来改变接入方式,开放式的软件无线电架构和标准化环境为此提供可能。
软件无线电使得系统具有灵活性和适应性,能够适应不同的网络和空中接口。
软件无线电技术能支持采用不同空中接口的多模式手机和基站,能实现各种应
用的可变 QoS。软件无线电技术有助于不同标准和系统的融合。采用软件无线
电实现的基站可同时为多个网络服务;当终端移动时,可重新配置,如当终端
移动到一个采用不同标准的移动系统中时,终端可按照该系统的标准重新自动
配置该终端。

支持 ABC (Always Best Connected) 连接。ABC 使终端在不同无线接入网
中实现无缝切换,通过给每个用户提供最合适的服务来达到整个网络的最优性
能和资源利用率。实现 ABC 业务的关键技术在于接入网络的选择,影响接入
网选择的 QoS 因子有:可达性、吞吐量、时间集、可靠性、安全性和成本。

接入网的发现和选择。在 GSM 网中,基站通过周期性地广播信号到终端
进行业务处理,但在 4G 异构网络中,由于不同的接入协议和无线技术,需要
用到比较复杂的技术,这里提供两种参考方案:一种是使用软件无线电技术扫
描可用网络;另一种是使用无线广播信道广播终端用户所能到达的接入网。

(3) 从用户角度

用户信息管理。在 ABC 服务中,需要考虑用户的参数选择来决定网络的
选择。通过广播自己的配置参数,用户可以接入相同的无线广播信道并发现可
达接入网。

单识别机制。每个用户分配一个独立于终端和接入网的唯一标识码和动态
的移动 IP 地址,并且运用动态的移动 IP 地址管理架构方便内部用户交互式地
实时通信管理。

(4) 从业务角度

在有限的接入网和终端资源条件下,业务相对于接入网和终端的适应性以
及复杂环境中的业务部署和实施,需要充分利用终端和基础网络的可配置性,
才可以使资源利用率达到最优。可以使用相同的无线广播信道,完成接入网的
业务广播和检测功能。这样做有利于业务的快速建立,保证业务连续性和 ABS
(Always Best Service),提供一个在相对区域范围内的最好服务。

1.1.2 4G 通信系统的网络结构

4G 系统针对各种不同业务的接入系统,通过多媒体连接到基于 IP 的核心



网中。基于 IP 技术的网络结构使用户可实现在 3G、4G、WLAN 及固定网间无缝漫游。4G 网络结构可分为三层：物理网络层、中间环境层、应用环境层。

(1) 物理网络层提供接入和路由选择功能，它们由无线和核心网的结合格式完成。

(2) 中间环境层的功能有网络服务质量映射、地址变换和完全性管理等。

(3) 物理网络层与中间环境层及其应用环境之间的接口是开放的，使发展和提供新的服务变得更容易，提供无缝高数据率的无线服务，并运行于多个频带，这一服务能适应于多个无线标准及多模终端，跨越多个运营商和服务商，提供更大范围服务。

1.1.3 4G 通信技术的主要优势

(1) 通信速率更快

由于人们研究 4G 通信的最初目的就是提高蜂窝电话和其他移动装置无线访问 Internet 的速率，因此，4G 通信给人印象最深刻的特征莫过于它具有更快的无线通信速率。4G 通信系统可以提供高达 100Mbps 速率传输无线信息，这种速率相当于目前手机的数据传输速率的 1 万倍左右。

(2) 通信更加灵活

严格意义上说，4G 手机的功能已不能简单划归“电话机”的范畴，毕竟语音资料的传输只是 4G 移动电话的功能之一而已，4G 手机更应该算得上是一台小型电脑，而且 4G 手机从外观和式样上将有更惊人的突破。我们可以想象的是，以方便和个性为前提，眼镜、手表、化妆盒、旅游鞋等任何一件你能看到的物品都有可能成为 4G 终端。4G 通信将使我们不仅可以随时随地通信，更可以双向传递资料、图画、影像，当然更可以和从未谋面的陌生人网上连线对打游戏。

(3) 智能性能更高

第四代移动通信的智能性更高，不仅表现在 4G 通信的终端设备的设计和操作具有智能化，例如对菜单和滚动操作的依赖程度将大大降低，更重要的是 4G 手机可以实现许多难以想象的功能。例如 4G 手机将能根据环境、时间以及其他设定的因素来适时地提醒手机的主人此时该做什么事，或者不该做什么事；4G 手机可以将电影院票房资料直接下载到 PDA 之上，这些资料能够把目前的售票情况、座位情况显示得清清楚楚，大家可以根据这些信息来在线购买自己满意的电影票；4G 手机可以被看作是一台手提电视，用来看体育比赛之类的各种现场直播。

(4) 兼容性能更平滑

要使 4G 通信尽快地被人们接受,不但要考虑它的功能强大,还应该考虑到现有通信的基础,以便让更多的现有通信用户在投资最少的情况下就能很轻易地过渡到 4G 通信。因此,从这个角度来看,4G 移动通信系统应当具备全球漫游、接口开放、能跟多种网络互联、终端多样化以及能从第二代平稳过渡等特点。

(5) 提供各种增值服务

4G 通信并不是从 3G 通信的基础上经过简单的升级而演变过来的,它们的核心技术根本就是不同的。3G 移动通信系统主要是以 CDMA 为核心技术,而 4G 移动通信系统技术则以正交多任务分频技术(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)最受瞩目,利用这种技术人们可以实现无线区域环路 WLL、数字音讯广播 DAB 等方面的无线通信增值服务。不过考虑到与 3G 通信的过渡性,第四代移动通信系统不会在未来仅仅只采用 OFDM 一种技术,CDMA 技术将会在第四代移动通信系统中与 OFDM 技术相互配合,以便发挥出更大的作用。

(6) 实现更高质量的多媒体通信

尽管第三代移动通信系统也能实现各种多媒体通信,但 4G 通信能满足第三代移动通信尚不能达到的在覆盖范围、通信质量、造价上支持的高速数据和高分辨率多媒体服务的需要。4G 移动通信系统提供的无线多媒体通信服务将包括语音、数据、影像等大量信息透过宽频的信道传送出去,为此第四代移动通信系统也称为“多媒体移动通信”。4G 移动通信不仅仅是为了应对用户数的增加,更重要的是,必须要应对多媒体的传输需求,当然还包括通信品质的要求。总的来说,首先必须可以容纳市场庞大的用户数、改善现有通信品质不良,以及达到高速数据传输的要求。

(7) 频率使用效率更高

相比第三代移动通信技术来说,第四代移动通信技术在开发研制过程中使用和引入许多功能强大的突破性技术,例如一些光纤通信产品公司为了进一步提高无线因特网的主干带宽宽度,引入了交换层级技术,这种技术能同时涵盖不同类型的通信接口,也就是说第四代移动通信技术主要是运用路由(Routing)技术为主的网络架构。由于利用了几项不同的技术,所以无线频率的使用比第二代和第三代系统有效得多。

(8) 通信费用更加便宜

由于 4G 通信不仅解决了与 3G 通信的兼容性问题,让更多的现有通信用户



能轻易地升级到 4G 通信,而且 4G 通信引入了许多尖端的通信技术,这些技术保证了 4G 通信能提供一种灵活性非常高的系统操作方式,因此相对其他技术来说,4G 通信部署起来就容易迅速得多;同时在建设 4G 通信网络系统时,通信运营商将考虑直接在 3G 通信网络的基础设施之上,逐步引入 4G 通信设施,这样就能够有效地降低运营商和用户的费用。

1.2 4G 通信技术的五大标准

国际电信联盟 (ITU) 已经将 WiMAX、HSPA+、LTE 正式纳入 4G 标准里,加上之前就已经确定的 LTE-Advanced 和 WirelessMAN-Advanced 这两种标准,目前 4G 标准已经达到了 5 种。

1.2.1 LTE

长期演进项目 (Long Term Evolution, LTE) 是 3G 的演进,它改进并增强了 3G 的空中接入技术,采用 OFDM 和多输入多输出 (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO) 作为其无线网络演进的唯一标准。其主要特点是在 20MHz 频谱带宽下能够提供下行 100Mbps 与上行 50Mbps 的峰值速率;相对于 3G 网络大大地提高了小区的容量,同时将网络延迟大大降低;内部单向传输时延低于 5ms,控制平面从睡眠状态到激活状态迁移时间低于 50ms,从驻留状态到激活状态的迁移时间小于 100ms。

LTE 标准也是近两年来 3GPP 启动的最大的新技术研发项目,其技术演进的历史如下:

GSM→GPRS→EDGE→WCDMA→HSPA→HSPA+→LTE 长期演进;

传输速率如下:

- GSM: 9.6kbps
- GPRS: 171.2kbps
- EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution): 384kbps
- WCDMA (Wide Code Division Multiple Access): 384kbps~2Mbps
- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): 14.4Mbps
- HSUPA (High Speed Uplink Packet Access): 5.76Mbps
- HSDPA+: 42Mbps
- HSUPA+: 22Mbps
- LTE: 300Mbps

由于目前的 WCDMA 网络的升级版 HSPA 和 HSPA+均能够演化到 LTE 这

一状态, 包括中国自主的 TD-SCDMA 网络也将绕过 HSPA 直接向 LTE 演进, 所以这一 4G 标准获得了最大的支持, 也将是未来 4G 标准的主流。该网络提供媲美固定宽带的网速和移动网络的切换速率, 网络浏览速率大大提升。

1.2.2 LTE-Advanced

从字面上看, LTE-Advanced 就是 LTE 技术的升级版, 那么为何两种标准都能够成为 4G 标准呢? LTE-Advanced 的正式名称为 Further Advancements for E-UTRA, 它满足 ITU-R 的 IMT-Advanced 技术征集的需求, 是 3GPP 形成欧洲 IMT-Advanced 技术提案的一个重要来源。

LTE-Advanced 是一个后向兼容的技术, 完全兼容 LTE, 是演进而不是革命, 相当于 HSPA 和 WCDMA 之间的关系。LTE-Advanced 的相关特性如下:

- 带宽: 100MHz
- 峰值速率: 下行 1Gbps, 上行 500Mbps
- 峰值频谱效率: 下行 30bps/Hz, 上行 15bps/Hz
- 针对室内环境进行优化
- 有效支持新频段和大带宽应用
- 峰值速率大幅提高, 频谱效率有限改进

正如前面所说, 如果 LTE 被 ITU 看作是 3.9G 移动互联网技术的话, 那么 LTE-Advanced 是完全满足 4G 标准的。LTE-A 称为 4G 标准更加确切一些。

LTE-Advanced 的入围, 包含 TDD 和 FDD 两种制式, 其中 TD-SCDMA 网络将能够进化到 TDD 制式, 而 WCDMA 网络能够进化到 FDD 制式。中国移动主导的 TD-SCDMA 网络有望能够直接绕过 HSPA+网络而直接进入到了 LTE。

1.2.3 WiMAX

全球微波互联接入技术 (Worldwide Interoperability for Microwave Access, WiMAX) 是一种宽带业务的接入技术。它的另一个名字是 IEEE 802.16。

WiMAX 技术的起点比较高, WiMAX 所能提供的最高接入速率是 70Mbps, 这个速率是 3G 所能提供的宽带速率的 30 倍。对无线网络来说, 这的确是一个惊人的进步。WiMAX 逐步实现宽带业务的移动化, 而 3G 则实现移动业务的宽带化, 两种网络的融合程度会越来越高, 这也是未来移动世界和固定网络的融合趋势。

802.16 工作的频段采用的是无需授权频段, 范围在 2~66GHz 之间, 而 802.16a 则是一种采用 2G~11GHz 无需授权频段的宽带无线接入系统, 其频道带宽可根据需求在 1.5M~20MHz 范围进行调整, 目前具有更好高速移动下无



缝切换的 IEEE 802.16m 的技术正在研发。因此, 802.16 所使用的频谱可能比其他任何无线技术更丰富。WiMAX 具有以下优点:

- 对于已知的干扰, 窄的信道带宽有利于避开干扰, 而且有利于节省频谱资源;
- 灵活的带宽调整能力有利于运营商或用户协调频谱资源;
- WiMax 所能实现的 50km 的无线信号传输距离是无线局域网所不能比拟的。

WiMAX 是一种城域网 (Metropolitan Area Network, MAN) 技术, 网络覆盖面积是 3G 发射塔的 10 倍, 只要少数基站建设就能实现全城覆盖, 能够使无线网络的覆盖面积大大提升。覆盖区域内的任何地方可立即启用互联网连接。和无线保真 (Wireless-Fidelity, Wi-Fi) 技术一样, WiMAX 也是一个基于开放标准的技术, 它可以提供消费者希望的设备和服务, 它会在全球经济范围内创造一个开放而具有竞争优势的市场。

尽管 WiMAX 网络在网络覆盖面积和网络的带宽上优势巨大, 但是其移动性却有着先天的缺陷, 无法满足高速 (用户移动速度 $\geq 50\text{km/h}$) 下网络的无缝链接。从这个意义上讲, WiMAX 还无法达到 3G 网络的水平, 严格地说并不能算作移动通信技术, 而仅仅是无线局域网的技术。但是, WiMAX 网络的希望在于 IEEE 802.11m 技术上, 将能够有效地解决这些问题。

1.2.4 HSPA+

高速下行链路分组接入 HSDPA 技术与高速上行链路分组接入 HSUPA 技术, 两者合称为 HSPA 技术。

HSPA 定义于 3GPP R6, HSPA+ 是 HSPA 的向下演进版本, 是上下行能力增强的一项技术, 能够在 HSPA 网络上进行改造而升级到该网络, 是一种经济而高效的 4G 网络。

显然, HSPA+ 符合 LTE 的长期演化规范, 将作为 4G 网络标准与其他的 4G 网络同时存在, 它有利于目前全世界范围的 WCDMA 网络和 HSPA 网络的升级与过渡, 成本上的优势很明显。对比 HSPA 网络, HSPA+ 的室内吞吐量约提高 12.58%, 室外小区吞吐量约提高 32.4%, 能够适应高速网络下的数据处理, 是一种在短期内推进 4G 系统的理想标准。

1.2.5 WirelessMAN-Advanced

WirelessMAN-Advanced 事实上就是 WiMAX 的升级版, 即 IEEE 802.16m 标准。802.16 系列标准在 IEEE 称为 WirelessMAN, 而 WirelessMAN-Advanced