

4G

通信技术综述

本刊特约作者 邓永红

【摘要】

本文从4G 通信技术的概念, 4G 通信的关键技术, 4G 通信技术的主要优势, 4G 通信技术的发展概况, 4G 通信技术面临的挑战等方面, 详细地介绍了4G 通信技术。

【关键词】

4G 通信技术。

【Abstract】

This article provides instructions of "4G" Communication Technology carefully. This document focuses on these following aspects: the definition of "4G" Communication Technology, these key technologies of "4G" Communication, these main advantages of "4G" Communication Technology, the status in quo of "4G" Communication Technology development. These problems of "4G" Communication Technology are still required settlement etc.

【Key word】

"4G" Communication Technology.

移动通信技术已经历了三个主要发展阶段。每一代的发展都是技术的突破和观念的创新。第一代起源于20世纪80年代,主要采用模拟和频分多址(FDMA)技术。第二代(2G)起源于90年代初期,主要采用时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)技术。第三代移动通信系统(3G)可以提供更宽的频带,不仅传输语音,还能传输高速数据,从而提供快捷方便的无线应用。然而,第三代移动通信系统仍是基于地面标准不一的区域性通信系统,尽管其传输速率可达2 Mb/s,但仍无法满足多媒体通信的要求,因此,第四代移动通信系统(4G)的研究随之应运而生。

一、4G 通信技术的概念

4G的定义到目前为止依然有待明确,它的技术参数、国际标准、网络结构、乃至业务内容均未有明确说法。

在2002年底Wi-Fi热潮中,Wi-Fi被视作4G技术。但4G技术的提倡者认为,4G与Wi-Fi不同。

2004年6月,市场研究公司Forrester的分析师预测,4G移动服务将是3G与WiMax结合在一起的技术。4G将提供以太网的接入速度(如10Mb/s),并且通过在一部手机中把3G和WiMax技术结合在一起,提供集成无线局域网和广域网的服务。WiMax(或者说是802.16标准)能够提供无线宽带网服务,最远距离可达30英里,速率大约是10 Mb/s。在2004年富士通发布的白皮书中,将WiMAX指为“4G”无线技术。

另外,也有很多专家对LAS-CDMA十分看好,认为LAS-CDMA代表着4G水平。

4G到底是什么样的技术呢?目前普遍描述如下:

4G是集3G与WLAN于一体,并能够传输高质量视频图像,它的图像传输质量与高清晰度电视不相上下。4G系统能够以100Mb/s的速率下载,比目前的拨号上网快2000倍,上传的速度也能达到20Mb/s,并能够满足几乎所有用户对于无线服务的要求。而在用户最为关注的价格方面,4G与固定宽带网络在价格方面不相上下,而且计费方式更加灵活机动,用户完全可以根据自身的需求确定所需的服务。此外,4G可以在DSL和有线电视调制解调器没有覆盖的地方部署,然后再扩展到整个地区。很明显,4G有着不可比拟的优越性。

4G与3G之间的主要区别在于终端设备的类型、网络拓扑的结构以及构成网络的技术类型。终端设备除了手机之外应当包括头戴式话机、PDA终端、膝上机、手表式话机、电视机、游戏机、DVD、零售机,甚至宠物机等等,凡是人所能构想的和能够识别IP地址的无线电收发信机。其

次,4G是由多种技术组成的,包括彼此似乎不相干的技术,如Wi-Fi、超宽带无线电、便携式电脑、软件无线电等技术构成的高速全球通网络。

与3G手机相比,4G手机的功能更强大,应用更广泛。4G手机智能化程度更高,通话只是最最基本的功能之一,更多的功能体现在多媒体应用方面。

二、4G 通信的关键技术

1. 正交频分复用 (OFDM)

OFDM技术的主要思想就是在频域内将给定信道分成许多窄的正交子信道,在每个子信道上使用一个子载波进行调制,并且各子载波并行传输,因此可以大大消除信号波形间的干扰。OFDM还可以在不同的子信道上自适应地分配传输负荷,这样可优化总的传输速率。OFDM技术还能对抗频率选择性衰落或窄带干扰。在OFDM系统中由于各个子信道的载波相互正交,于是它们的频谱是相互重叠的,这样不但减小了子载波间的相互干扰,同时又提高了频谱利用率。

移动通信信道的突出特点之一就是信道存在多径时延扩展,它限制了数据速率的提高,因为如果数据速率高于信道的相关带宽,信号将产生严重失真,信号传输质量大幅度下降。而OFDM技术由于具备上述特点,是对高速数据传输的一种潜在的解决方案,在FDMA、TDMA、CDMA和OFDM等多址方式中,OFDM是4G系统最为合适的多址方案,因此,OFDM技术已基本被公认为4G的核心技术之一。

OFDM技术主要的技术难点是系统中的频率和时间同步,基于导频符号辅助的信道估计,峰平比问题和多普勒频偏的影响,以及基于OFDM、多载波技术的新一代蜂窝移动通信系统的多址方案的研究。

2. 智能天线(SA)与多入多出天线(MIMO)技术

智能天线具有抑制信号干扰、自动跟踪以及数字波束调节等智能功能,被认为是未来移动通信的关键技术。智能天线成形波束能在空间域内抑制交互干扰,增强特殊范围内想要的信号,这种技术既能改善信号质量又能增加传输容量,其基本原理是在无线基站端使用天线阵和相关无线收发信机来实现射频信号的接收和发射。同时通过基带数字信号处理器,对各个天线链路上接收到的信号按一定算法进行合并,实现上行波束赋形。目前智能天线的工作方式主要有两种:全自适应方式和基于多波束的波束切换方式。

多入多出天线MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)



系统,该技术最早是由马克尼 (Guglielmo Marconi) 于1908年提出的,它利用多天线来抑制信道衰落。根据收发两端天线数量,相对于普通的SISO(Single-Input Single-Output)系统, MIMO 还可以包括 SIMO(Single-Input Multi-ple-Output)系统和 MISO(Multiple-Input Single-Output)系统。

信道容量随着天线数量的增大而线性增大,利用 MIMO 信道可成倍地提高无线信道容量,在不增加带宽和天线发送功率的情况下,频谱利用率可以成倍地提高。

利用 MIMO 技术可以提高信道的容量,同时也可以提高信道的可靠性,降低误码率。前者是利用 MIMO 信道提供的空间复用增益,后者是利用 MIMO 信道提供的空间分集增益。实现空间复用增益的算法主要有贝尔实验室的 BLAST 算法、ZF 算法、MMSE 算法、ML 算法。ML 算法具有很好的译码性能,但是复杂度比较大,对于实时性要求较高的无线通信不能满足要求。ZF 算法简单容易实现,但是对信道的信噪比要求较高。性能和复杂度最优的就是 BLAST 算法。该算法实际上是使用 ZF 算法加上干扰删除技术得出的。目前 MIMO 技术领域另一个研究热点就是空时编码。常见的空时码有空时块码,空时格码。空时码的主要思想是利用空间和时间上的编码实现一定的空间分集和时间分集,从而降低信道误码率。

MIMO 系统在一定程度上可以利用传播中多径分量,也就是说 MIMO 可以抗多径衰落,但是对于频率选择性深衰落, MIMO 系统依然是无能为力。目前解决 MIMO 系统中的频率选择性衰落的方案一般是利用均衡技术,还有一种是利用 OFDM。大多数研究人员认为 OFDM 技术是 4G 的核心技术,4G 需要极高频谱利用率的技术,而 OFDM 提高频谱利用率的作用毕竟是有限的,在 OFDM 的基础上合理开发空间资源,也就是 MIMO+OFDM,可以提供更高的数据传输速率。另外 OFDM 由于码率低和加入了时间保护间隔而具有极强的抗多径干扰能力。由于多径时延小于保护间隔,所以系统不受码间干扰的困扰,这就允许单频网络(SFN)可以用于宽带 OFDM 系统,依靠多天线来实现,即采用由大量低功率发射机组成的发射机阵列消除阴影效应,来实现完全覆盖。

3. 软件无线电技术

软件无线电是利用数字信号处理软件实现无线功能的技术,能在同一硬件平台上利用软件处理基带信号,通过加载不同的软件,可实现不同的业务性能。其优点是:

- (1) 通过软件方式,灵活完成硬件功能;
- (2) 具有良好的灵活性及可编程性;
- (3) 可代替昂贵的硬件电路,实现复杂的功能;
- (4) 对环境的适应性好,不会老化;
- (5) 便于系统升级,降低用户设备费用。

软件无线电技术被认为是可以将不同形式的通信技术有效联系在一起的惟一技术。在 4G 移动通信系统中,软件将会变得非常繁杂。为此专家们提议引入软件无线电技术,将其作为从第二代移动通信通向第三代和第四代移动通信的桥梁。软件无线电技术能够将模拟信号的数字化过程尽可能地接近天线,即将 A/D 和 D/A 转换器尽可能地靠近 RF 前端,利用软件无线电技术进行信道分离、调制解调和信道编解码等工作。软件无线电技术旨在建立一个无线电通信平台,在平台上运行各种软件系统,以实现多通路、多层次和多模式的无线通信。因此应用软件无线电技术,一个移动终端就可以实现其不同系统和平台之间畅通无阻的使用。

三、4G 通信技术的主要优势

如果说 2G、3G 通信对于人类信息化的发展是足以称道的话,那么未来的 4G 通信却给了我们真正的沟通自由,并将彻底改变我们的生活方式甚至社会形态。目前正在研究中的 4G 通信具有以下特征。

1. 通信速度更快

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因特网的速率,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度。从移动通信系统数据传输速率作比较,第一代模拟式仅提供语音服务,第二代移动通信系统数据传输速率只有 9.6kb/s,最高可达 32kb/s,而第三代移动通信系统数据传输速率可达到 2Mb/s;专家则预估,第四代移动通信系统可以达到

10Mb/s至20Mb/s,甚至最高可以达到100Mb/s,这种速度将相当于目前手机的传输速度的1万倍左右。

2. 网络频谱更宽

要想使4G通信达到100Mb/s的传输,通信运营商必须在3G通信网络的基础上,进行大幅度的改造和研究,以便使4G网络在通信带宽上比3G网络的蜂窝系统的带宽高出许多。据AT&T公司研究4G通信的专家们说,估计每个4G信道将占有100MHz的频谱,相当于W-CDMA 3G网络的20倍。

3. 通信更加灵活

从严格意义上说,4G手机的功能,已不能简单划归“电话机”的范畴,毕竟语音的传输只是4G移动电话的功能之一而已,未来4G手机更应该算得上是一只小型电脑了。而且4G手机从外观和式样上,将有更新的突破,我们可以想象的是,眼镜、手表、化妆盒、旅游鞋,以方便和个性为前提,任何一件你能看到的物品都有可能成为4G终端,只是目前我们还不知应该怎么称呼它。未来的4G通信将使我们不仅可以随时随地通信,更可以双向下载传递资料、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。也许你将有被网上定位系统永远锁定无处遁形的苦恼,但是与它据此提供的地图带来的便利和安全相比,这简直可以忽略不计。

4. 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4G手机可以实现许多难以想象的功能。例如,4G手机将根据环境、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进行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,用来观看体育比赛之类的各种现场直播。

5. 兼容性能更平滑

要使4G通信尽快地被人们接受,不但考虑它的功能强

大外,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,未来的第四代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、第三代平稳过渡等特点。

6. 提供各种增殖服务

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频分复用技术(OFDM)最受瞩目,利用这种技术人们可以实现例如无线区域环路(WLL)、数字视频广播(DVB)、数字音讯广播(DAB)等方面的无线通信增殖服务。

7. 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,但未来的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、通信价格上支持的,高速数据和高分辨率多媒体服务的需要。第四代移动通信系统提供的无线多媒体通信服务(包括语音、数据、影像等大量信息)通过宽频的信道传送出去,因此,第四代移动通信系统也称为“多媒体移动通信”。第四代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。总而言之,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。

8. 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。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。按照最乐观的情况估计,这种有效性可以让更多的人使用与以前相同数量的无线频谱做更多的事情,而且做这些事情的时候速度相当快。

9. 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,通信营运商们将考虑直接在3G通信网络的基础设施之上,采用逐步引入的方法,这样就能够有效地降低运营者和用户的费用。据研究人员宣称,4G通信的无线即时连接等某些服务费用将比3G通信更加便宜。

四、4G 通信技术的发展概况

在世界范围内,开发4G手机已有10多年的历史,近年来,各国的研发速度不断加快。在4G手机研究领域,阿尔卡特、爱立信、诺基亚和西门子四大电信巨头组建了世界无线研究论坛(WWRF),已聚集100多个成员,明确提出了开发4G的时间表:4G技术标准将在2006年以后出现,在与3G技术充分融合之后,在2010年至2012年投入运营。目前,世界发达国家都在积极进行4G技术规格的研究制定,以期在全球4G规格制定中能享有发言权。

美国AT&T早在2000年就推出了4G Access网络,它能配合EDGE技术进行上传,并利用宽带OFDM技术进行下载。AT&T的4G Access网络升级计划分为两个阶段,第一阶段是移动电话基地台的软件构建,第二阶段则进行智能型天线的硬件构建。2004年2月,美国手机服务提供商Nextel通信公司与思科、北电网络和IBM在北卡罗来纳州罗利-达拉姆(Raleigh Durham)地区试验“4G”无线服务,这次“4G”试验采用Flarion技术公司提供的每秒钟下载速度达1.5Mb的设备,这项服务向台式电脑、笔记本电脑、掌上电脑以及其他设备提供高速互联网接入。

欧洲世界上最大的电信基础设施提供商爱立信公司2000年就开始着手研制第四代移动通信系统。它是与美国加利福尼亚大学合作开发4G技术的。加利福尼亚大学已经正式成立了加州通信和信息技术学会,并由该大学的圣迭戈分校和欧文分校合作管理。目前该学会已经得到爱立信公司1200万美元的投资,加州通信和信息技术学会将在4G技术、先进天线系统、新一代移动因特网、电力放大器技术和无线访问网络等领域内进行深入研究。爱立信公司预计,第四代移动通信系统大约会在2011年正式投入运营,并计划在目前所有通信网络都以IP技术为基础时,开始建设第二阶段的第三代移动通信网。第三代移动网的互联网连接速率最高可达2 Mb/s,比目前快200倍,而第四代技术的传输速率将最高可达100 Mb/s。

日本2002年10月,日本最大通信运营商NTT DoCoMo表示,该公司已成功完成第四代(4G)移动通信的传输实验。此实验是在室内进行,下传和上传速率分别可达到100 Mb/s和20 Mb/s。下传是指卫星传送信息至地面,上传则



是地面传送信息至卫星。此数据远远超越顶级ADSL约12 Mb/s的高速网际网路连接速率。NTT DoCoMo于2003年5月28日宣布进行第四代移动通信系统(4G)的无线接入系统的户外试验。NTT DoCoMo通过户外试验验证以下技术

- (1) 高效控制数据包发送顺序的技术;
- (2) 根据电波状况控制调制方式及纠错编码率的技术;
- (3) 根据通信信号控制数据发送次数的技术;
- (4) 使电波能够定向发送、接收数据的技术。

NTT DoCoMo社长立川敬二2004年5月13日在东京发表演讲时宣布,在4G室外试验中,实现了20 Mb/s的高速通信。日本官方宣称,日本计划于2005年开发4G,到2010年开始商用化。

韩国 韩国政府吸收了自己在开发2G技术时,放松了对3G开发的教训,日前与移动通信设备公司及服务公司合资成立了下一代移动通信技术开发协会,着手进行4G等未来移动通信服务技术的开发研究。该协会还将聚集产、学、研的专家,成立未来移动通信企划委员会,负责推动4G规划、3G服务及系统改进、针对无线网络专用通信的TDD(Time Division Duplex)方案设计和高速数据通信(Hight Data Rate)等领域的研究。韩国三星在2004年8月23日“三星4G论坛”称,三星电子计划从2010年开始,全面引进第四代手机(4G)服务。目前三星电子已取得220余项4G移动通信相关专利,并与NTT DoCoMo等全球性信息通信公司在4G领域展开主导权之争。

印度 2004年5月,印度新任信息技术和通信部部长Dayanidhi Maran表示,由于到目前为止还没有发现3G技术可以节省开支,印度准备跳过3G技术直接采用4G无线技术。目前,印度移动电话服务提供商正在提供基于GSM、GPRS或者CDMA技术的移动通信服务。Maran表示:“3G标准一直在发展,但是并没有证明可以节省开支。因此,我们计划跳过3G技术,开发4G技术。印度拥有庞大的市场和高级的技术,有机会成为这个领域重要的参与者。我们将在这个领域建立一个最好的国家中心。”

中国 2002 年 3 月, 华中科技大学、武汉汉网高技术有限公司与上海交通大学共同投标的“蜂窝移动通信系统无线传输链路技术研究项目”意味着我国正式启动了开发新一代无线移动通信系统(即 4G) 的步伐。我国信息产业部 2003 年与日本 NTT DoCoMo 签订了合作意向书, 表示中国希望与日本合作共同探讨和研发 4G 技术, 并于北京建立 DoCoMo(北京) 通信研究所。2004 年 10 月 20 日, 据韩国信息通信部公布的信息显示, 中韩两国 10 月 20 日达成协议, 扩大技术合作范围, 共同支持对 4G 无线通信系统的研发。两国将联合开发速度更快、功能更强大的手机。用户可以使用这种手机来观看电影。外国观察家宣称, 由于中国的移动用户数已达到世界第一, 故到 2008 年举办奥运会之前, 中国完全有可能跳过 3G 而直接部署 4G。这样做是否可行, 正在进行探讨。

2004 年 9 月, 由 14 家无线运营商、手机厂商以及基础设备厂商组成的无限移动访问(unlicensed mobile access)组织发布了无限移动访问标准草案, 旨在实现移动设备在蜂窝式网络和无线数据网络间的无缝转换。这一组织的初始成员包括 Cingular、阿尔卡特、AT&T 无线、T-Mobile 美国、西门子、索尼-爱立信、Kineto 无线、诺基亚以及摩托罗拉。该组织发表声明指出, 无限移动访问标准通过宽带 IP 连接, 可以有效的同 GSM 和 GPRS 蜂窝式语音和数据网络协同工作。这一标准允许访问蜂窝式网络的设备检测并切换到无限网络, 例如 Wi-Fi 网络上, 而在这个过程中能够继续保持通话和数据传输。同时, 如果用户漫游出了 WLAN 有效区域, 基于无限移动访问标准的设备可以检测到蜂窝式网络, 而通话或数据传输不会中断。无限移动访问组织称, 该机构目前正同 3GPP 标准组织紧密合作, 力争早日推出无限移动访问标准的正式版本。Meta Group 分析师大卫-威利斯(David Willis)表示:“第四代无线网络将整合各种不同类型的技术, 而这一标准则是迈向 4G 的重要一步。”

五、4G 通信技术面临的挑战

要顺利地把 4G 系统投入实际应用, 会遇到技术和市场等很多方面的挑战。

1. 标准难以统一

虽然从理论上讲, 3G 手机用户在全球范围都可以进行移动通信, 但是由于没有统一的国际标准, 各种移动通信系统彼此互不兼容, 给手机用户带来诸多不便。因此, 开发第四代移动通信系统必须首先解决通信制式等需要全球统一的标准化问题, 而世界各大通信厂商将会对此争论不休。

2. 技术难以实现

4G 系统所运用的各种核心技术还不完善, 而这些技术的逐步完善是一个长期的过程。例如, 核心网的移动 IP 技术, 对于第四代移动通信系统而言, 移动 IP 技术缺乏实时位置管理和快速无缝切换机制的支持。另外移动 IP 环境下的 QoS 所使用的综合业务、RSVP 技术和区别型业务技术也是有待解决的重要问题之一。而且这些技术在移动 IP 平台上并不是最优的。

3. 容量受到限制

人们对未来的 4G 通信的印象最深的莫过于它的通信传输速度将会得到极大提升, 从理论上说其所谓的 100 Mb/s 的宽带速率, 比目前手机信息传输速率 10 kb/s 要快 1 万多倍, 但手机的速度将受到通信系统容量的限制, 如系统容量有限, 手机用户越多, 速度就越慢。据有关行家分析, 4G 手机将很难达到其理论速度。如果速度上不去, 4G 手机就要大打折扣。

4. 市场难以消化

有专家预测在 2010 年以后, 第三代移动通信的多媒体服务将进入第三个发展阶段, 此时覆盖全球的 3G 网络已经基本建成, 全球 25% 以上人口使用第三代移动通信系统, 到那时整个行业正在消化吸收第三代技术, 对于第四代移动通信系统的接受还需要一个逐步过渡的过程。另外, 在过渡过程中, 如果 4G 通信因为系统或终端的短缺而导致延迟的话, 那么号称 5G 的技术随时都有可能威胁到 4G 的赢利计划, 此时 4G 漫长的投资回收和赢利计划将变得异常的脆弱。

5. 设施难以更新

在部署 4G 通信网络系统之前, 覆盖全球的大部分无线基础设施都是基于第三代移动通信系统建立的, 如果要向第四代通信技术转移的话, 那么全球的许多无线基础设施都需要经历着大量的变化和更新, 这将会引发一系列的资金、观念等问题, 这种变化和更新势必减缓 4G 通信技术全面进入市场、占领市场的速度。而且到那时, 还必须要求 3G 通信终端升级到能进行更高速数据传输及支持 4G 通信各项数据业务的 4G 终端, 也就是说 4G 通信终端要能在 4G 通信网络建成后及时提供, 不能让通信终端的生产滞后于网络建设。但根据目前的事实来看, 在 4G 通信技术全面进入商用之日算起的二三年后, 消费者才有望用上性能稳定的 4G 通信手机。

虽然 4G 系统的发展道路是坎坷的, 但是随着新技术和新需求的不断出现, 4G 必然会成为未来移动通信领域的先导, 使未来通信前景更美好。■