

5G 时代

建筑天线一体化研究

朱惠斌

编著

郭明杰 蔡小勇



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

5G时代

建筑天线一体化研究

朱惠斌

郭明杰 蔡小勇

编著



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

5G 时代建筑天线一体化研究/朱惠斌, 郭明杰, 蔡小勇编著. —广州: 华南理工大学出版社, 2019. 4

ISBN 978 - 7 - 5623 - 5956 - 2

I. ① 5… II. ①朱… ②郭… ③蔡… III. ①无线电通信 - 移动通信 - 通信技术 - 天线设计 - 研究 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 058010 号

5G Shidai Jianzhu Tianxian Yitihua Yanjiu

5G 时代建筑天线一体化研究

朱惠斌 郭明杰 蔡小勇 编著

出 版 人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutel3@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 黄冰莹

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 4.75 字数: 88 千

版 次: 2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

前 言

近年来,移动通信事业发展日新月异,用户规模飞速扩大。为了保障移动通信的顺畅,为用户提供更高、更优的网络服务质量,移动通信业务运营商不断加大网络建设力度,通过建设更多的无线基站来提高网络覆盖率,以达到全覆盖、无缝覆盖的目的。但随着无线基站、天线数量的不断增多,建筑物顶部高低不齐的天线抱杆、增高架、楼顶塔等移动通信天馈设施却很难与建筑及周围环境融合,造成视觉污染,影响了城市整体景观,有碍城市美化;不仅如此,裸露的天线会给越来越注重绿色环保的民众带来一种不安全感,引发民众的抵触情绪。移动通信建设和城市人居环境发展的不协调,使传统的裸露天线已经不能满足现代社会发展和通信建设的需要。故此,如何对天线加以处理来消除负面影响越来越受到各方面的关注。

各地运营商在移动通信基站建设中积极探索,不断总结经验。实践证明,美化天线是其中最好的解决措施,即在不增大传播损耗的情况下,通过各种手段对天线进行伪装、修饰来达到美化的目的,使之融入周围环境,既美化了城市的视觉环境,也减少了居民对无线电磁环境的恐惧和抵触,同时也可以延长天线的使用寿命,保证通信的质量。

5G时代的到来对天线提出了新的要求,为了顺应5G时代的来临,本书总结了5G时代建筑天线一体化的概念,详细介绍了相关技术特点及相应产品说明,包括美化天线建设的相关经验。

全书包括三个部分,分为六章。第一部分为第1~2章,主要介绍了4G时代天线建设以及传统美化天线的研究等内容;第二部分为第3~4章,主要介绍了5G时代建筑天线一体化的相关内容;第三部分为第5~6章,针对5G超宽带美化天线,设计了一款美化定型宽带天线和适应于5G的车载通信的多端口MIMO天线,对现有天线工程设计具有参考意义。



本书由中国移动通信集团广东有限公司深圳分公司和广东盛路通信科技股份有限公司共同编写，写作过程中得到了双方公司领导和相关工程师的大力支持，在此表示感谢。同时也对书中引用文献的作者表示感谢。

由于作者水平有限，书中错误和不足之处在所难免，敬请专家和广大读者不吝指正。

作 者

2018 年 12 月 1 日

目 录

第1章 4G 时代天线建设	1
1.1 4G 通信的特点	1
1.2 4G 通信的关键技术	2
1.3 4G 的网络体系结构及技术要求	11
第2章 传统美化天线研究及 5G 时代天线需求变化	14
2.1 传统美化天线研究	14
2.2 5G 时代天线需求的变化	20
第3章 5G 时代建筑天线一体化	26
3.1 引言	26
3.2 5G 关键技术及应用场景介绍	26
3.3 5G 时代基站天线研究现状介绍	27
3.4 5G 时代大规模天线系统的发展介绍	33
3.5 大规模 MIMO 天线架构分析	34
3.6 室内外一体化覆盖场景介绍	37
3.7 天线一体化设备应用场景分析	38
第4章 5G 时代建筑天线一体化产品	40
4.1 原有一体化天线产品介绍	40
4.2 惠州广告牌一体化隐蔽天线产品介绍	46
4.3 一体化增强型美化天线产品应用介绍	49
4.4 一款高层建筑覆盖新型天线产品的应用及分析	51
4.5 华为为 5G 做准备发布的两款全新平台天线	52
第5章 5G 超宽带美化天线设计	53
5.1 天线设计指标	53
5.2 天线设计图纸	53
5.3 天线测试报告	56

第6章 适应于5G的车载通信的多端口MIMO天线	60
6.1 天线结构	60
6.2 结果与原理分析	61
6.3 仿真结果	64
6.4 结论	66
参考文献	67

第1章 4G时代天线建设

移动通信技术的迅速发展,大致经历了几个发展阶段:第一代主要指蜂窝式模拟移动通信,其技术特征是蜂窝网络结构克服了大区制容量低、活动范围受限的问题。第二代是蜂窝数字移动通信,蜂窝系统具有数字传输所能提供的综合业务等优点。第三代是除了能提供第二代移动通信系统所拥有的各种优点,克服了其缺点外,还能够提供宽带多媒体业务,能提供高质量的视频宽带多媒体综合业务,并能实现全球漫游。第四代是4G移动通信技术,其移动通信系统同其他系统如商业无线网络、局域网、蓝牙、广播、电视卫星通信等能无缝衔接并相互兼容。4G移动通信技术具有更高的数据率和频谱利用率,更高的安全性、智能性和灵活性,更高的传输质量和服务质量。

4G通信,即第四代移动通信(The 4th Generation)的简称,是一个比3G通信更完美的新无线世界,它创造出许多消费者难以想象的应用。4G通信技术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提供一个高速传输的无线通信环境的话,那么4G通信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。^[1]

1.1 4G通信的特点

4G具有超过2Mbit/s的非对称数据传输能力,它包括宽带无线固定接入、宽带无线局域网(WLAN)、移动宽带系统和互操作的广播网络。4G可以在不同的固定、无线平台和跨越不同频带的网络中提供无线服务,可以在任何地方以宽带方式接入互联网,它融合了3G的增强技术,集3G网络技术和WLAN系统为一体,系统能够以100Mbps的速度下载,比3G上网快50倍,上传的速度能达到20Mbps;可以提供定位定时、数据采集、远程控制等综合功能,能够满足几乎所有用户对于无线服务的要求^[2]。4G是3G的演进与发展,具有如下显著的特点:

(1) 传输速度更快。4G通信系统采用上下行非对称速率传输方式,其下行信道对低速移动用户的数据速率可以达到100Mbps,中速移动用户可以达到20Mbps,高速用户的数据速率可以达到2Mbps,这种高速的传输速度是4G系统的最显著特点。

(2) 容量更大。工信部对4G网络的TD-LTE频谱分配频段分别为1880 -



1900MHz、2320 – 2370MHz、2575 – 2635 MHz，频谱范围虽然极其有限但 4G 系统的频谱利用效率却远高于 3G 系统，因此 4G 承载更大的通信容量。

(3) 接入灵活、连接无缝。4G 系统网络使用的是全 IP 核心网络，兼容于各种无线接入协议，能够灵活接入和无缝切换于其他无线网络。

(4) 业务广。4G 系统提供宽频业务和多业务信息融合技术，能够支持高清图像业务、视频会议、广播电视及游戏娱乐其他虚拟通信业务等。^[3]

1.2 4G 通信的关键技术

4G 的关键技术包括 LTE 技术（Long Term Evolution，简称 LTE）、OFDM 技术（正交频分复用技术）、智能天线、软件无线电（SDR）、移动 IPv6 等，现对其做如下介绍。

1.2.1 LTE 技术

LTE 是 long term evolution 第一个字母大写的缩写，中文释义就是“长期演进”。不同于人们所认为的那样，LTE 并非 4G 技术，如果硬要这样定性的话，LTE 技术是 3G 向 4G 技术发展的过渡，被人们称为 3.9G 技术的全球化标准。LTE 技术对 OFDM 技术和 MIMO 技术加以利用，并且对 3G 空中接入技术进行了改进，可以在一定条件下为上行和下行提供 86Mbit/s 和 326Mbit/s 的峰值速率。通过对该创新形式加以利用，LTE 技术使得边缘用户的性能在很大程度上得到了提高，同时还提高了小区容量，使得系统的延迟问题得到了改善。^[4]

LTE 技术的优点：①通信速度快，灵活性较强。随着社会的不断发展，4G 移动通信系统的传输频率在理论上能够达到上行 50mbps，下行能够达到 100mbps，此传输速度是 3G 传输速度的 40 ~ 60 倍。另外，LTE 技术还能实现跨区域视频会议的召开，并且可以在会议进行中传输大量的高清视频，提高了人们的生活及工作水平。②功能涵盖面较广且性能较好。随着科技的不断发展，4G 网络已经深入到人们的日常生活中，并且 4G 通信网络在手机终端以及移动通信设备的应用也取得了新的突破。LTE 技术在实际的应用过程中，具有强大的智能性，能够在不同的网络环境下对自身进行调节，还能够快速适应相应的工作环境，能够满足 Android 操作系统、IOS 软件的不同需求。另外，LTE 技术还能够将媒体终端和语音通话、视频通话、电视直播等相关功能进行有效融合，通过相应的平台实现对相关信息内容的共享。③能够降低无线网络的延迟。LTE 技术的应用能够有效地降低数据在传输过程中

的延时,主要是由于 LTE 系统在实际的应用过程中采用的是最小的交织长度 (TTI),能够保证最小单位的延迟小于 5ms,基本帧长度为 0.4ms,另外,由于 TD-SCDMA 系统的兼容性较强,部分帧长采用 0.675ms,无论是哪种情况,都能满足兼容性,有效地降低了数据信息的传输延迟。^[5]

1.2.2 OFDM 技术

OFDM 技术,是一种无线信道高速数据的传输技术,是一种多载波复用技术。通常来说,OFDM 技术有着抵抗多种干扰的优点,因此其主要应用于数据传输环境较差的通信中,即便存在外界干扰,OFDM 技术也能够发挥其数据传输的作用,图 1-1 为 OFDM 系统框架图。OFDM 技术能够对信道进行划分,被划分之后的子数据流能够取代传统的串行数据信号,从而提升了数据传输效率,降低了对通信信号的干扰。

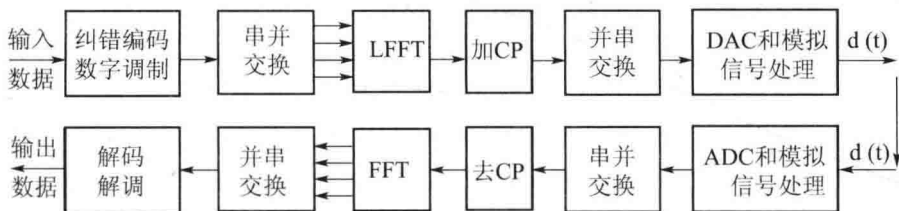


图 1-1 OFDM 系统框架图

OFDM 技术原理：OFDM 技术的基本思想是将高速数据流分解成多个低速数据流,使各个低速数据流在不同的子载波上并行传输,并同时使各载波间正交,减少由于 ISI 所带来的性能损失。

OFDM 技术优点：

- ①抗干扰能力强。OFDM 技术能有效抵抗频率选择性衰落。通过串并变换以及添加循环前缀,减少系统对信道时延扩展的敏感程度,大大减小 ISI,克服多径效应引起的 ICI,保持子载波之间的正交性。
- ②频谱利用率高。OFDM 系统利用各个子载波之间存在正交性,以及允许子载波的频谱相互重叠,实现最大限度地利用频谱资源。
- ③系统结构简单。OFDM 系统具有优良的抗多径干扰性能和直观的信道估计方法,无须设计单载波系统所需的复杂均衡器,若采用差分编码甚至可以完全不用均衡。随着 FIFT 和 FFT 实现变得非常容易,采用 FIFT/FFT 技术快速实现信号的调制和解调的 OFDM 系统也降低了复杂性。
- ④易与其他多址方式相结合。OFDM 系统易于构成 OFDMA 系统,并能与其他多种多址方式相结合使用,使得多个用户可以同时利用 OFDM 技术进行信息的传输。
- ⑤动态子载波和比特分配。无线信

道存在频率选择性，由于不可能所有的子载波都同时处于比较深的衰落情况中，OFDM 充分利用信噪比较高的子信道。

OFDM 的劣势：①存在较高的功率峰值与均值比（PAPR）。OFDM 信号由多个不同的调制符号独立调制的正交子载波信号组成，传输的数据序列决定它们的相位。这些子载波信号可能同相，幅度上相加在一起，产生很高的峰值幅度，导致出现较大的 PAPR，即对发射机内放大器的线性范围提出了很高的要求。②对载波频偏和相位噪声敏感。对于 OFDM 系统，若射频收发载频不一致或多普勒频移影响使发射机和接收机的频率偏移比较大，各个子载波之间的正交性将会下降，从而引起 ICI。同样，相位噪声也会导致频率扩散，形成 ICI，使系统性能大大下降。^[6]

1.2.3 智能天线

智能天线主要由天线阵、波束形成网络 and 自适应控制网络三部分组成。其中天线阵列是收发射频信号的辐射单元，常用的阵列形式有直线阵列与圆阵。波束形成网络则来自每个单元天线的空间感应信号加权相加，其权系数为复数。自适应控制网络是智能天线的核心，该单元的功能是根据一定的算法和优化准则来调节各个阵元的加权幅度和相位，动态地产生空间定向波束^[7]。

智能天线的基本工作原理分析：智能天线主要工作模式分为切换波束形成系统和自适应波束形成系统两种实现形式。其工作原理如图 1-2 所示。

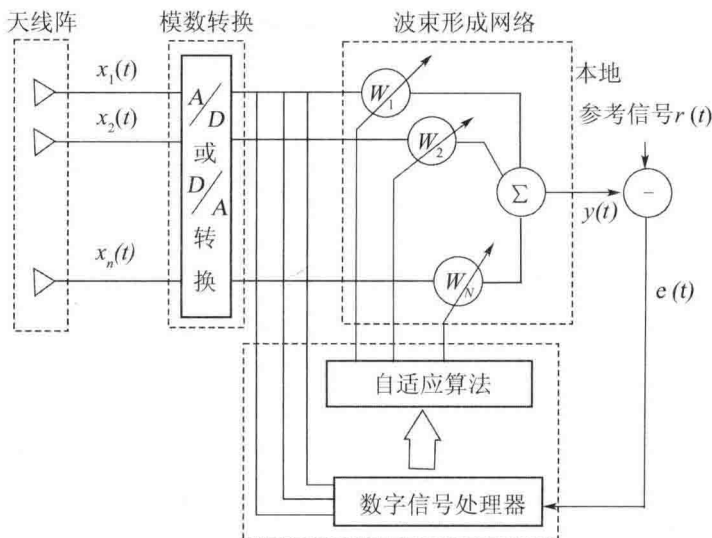


图 1-2 智能天线结构原理图

波束形成系统通过利用多个预定义的并行波束的切换来实现整个区域用户的全覆盖,各并行波束所指向的方向和宽度都是预先设定且相对固定的。当进行移动通信时,如通信的信号在信号覆盖范围内进行移动,为确保取得良好的通信质量,切换波束形成系统会通过计算选择最优信号接收方式,通过在预定义的并行波束中选择能够使接收信号电平最强的波束,通过所选用并行波束同时实现以移动通信信号的传输,从而获取良好的通信质量。采用此系统来进行通信的优点在于通过预定义的固定波束来实现各波束之间的最优切换,这一模式的采用实现的成本较低且技术易于实现,能够与现有基站进行较为方便的连接;不足之处则是无法对移动通信信号进行自适应跟踪。自适应波束形成系统主要由前端天线阵列和中央信号处理器所组成,两者之间形成一个闭环形式的反馈系统。反馈控制模块通过依靠某种判决准则(代价函数)动态地调整天线阵列的权值来调整天线的方向图,从而确保用户在通信时能够将方向图的最大增益方向对准期望用户,从而确保最佳通信质量。简单来说,就是在智能天线通信的过程中会包含有多种成分,既包含有期望振元所接收到的电磁信号,也包含其他因振元位置差异而存在的相角超前或是滞后及相位差。为实现信号的良好通信,在经过计算后对相应振元的相角和相位进行一系列的调整,而反馈单元主要是通过输出与期望信号的误差来实现对于控制加权参数的调节,以此来将智能天线的输出信号调整为最佳接收模式。^[8]

智能天线技术的实现方案及其算法:①组件空间处理。组件空间处理方式直接对阵元接收信号支路加权,调整信号振幅与相位。使天线输出方向图主瓣方向对准用户信号到达方向。因为是阵元组件信号,模数转换(ADC)后不经其他处理直接加权,故又称组件空间处理方式。与组件空间处理方式的不同之处在于,信号从阵元组件接收并模数转换(ADC)后,需经相应处理得到彼此正交的一组空间波束,再经过波束选择,从中根据需要选取部分或全部波束合成阵列输出方向图。因为用户信号往往深埋于噪声信号与干扰信号中,不易得到阵元接收信号的最佳加权。采用波束空间处理方式可以从多波束中选择信号最强的几个波束,以取得符合质量要求的信号,这样可以在满足阵列接收效果的前提下减少运算量和降低系统复杂度。②智能天线算法。作为提高移动通信系统容量的重要手段,智能天线主要在基站作用。对于收发共用类型全向智能天线,采用TDD(时分双工)方式的自适应天线更为合适。FDD(频分双工)方式由于上行(从用户到基站)与下行链路(从基站到用户)有45MHz或80MHz频率间隔,信号传播的无线环境受频率选择

性衰落影响各不相同，故根据上行链路计算得到的权值不能直接应用于下行链路。在 TDD 方式中上行与下行链路间隔时间短，使用相同频率传输信号，上、下行链路无线传播环境差异不大，可以使用相同权值，故 TDD 方式优于 FDD 方式。未来移动通信系统工作频率更高，在满足半波长阵元间隔条件下，天线尺寸可以做得更小，使在移动用户端使用智能天线也成为可能。

智能天线技术在通信系统的应用：①形成多个波束。通信传输过程中，在同等覆盖面积的条件下，覆盖区域波束越多则通信质量越好。基于这一客观实施，智能天线将单一波束分成多个波束，从而达到增强信号质量的目的。例如，在一个实现了信号全覆盖的小区内，如果直接用一个波束完成 360° 的全覆盖，其信号传输质量可能只有 40%；但是如果将小区划分为 3 个部分，即每个波束完成 120° 的覆盖，则信号传输质量可以达到 60% 左右；同样的，继续将覆盖面积进行细分，其信号传输质量也会不断地提升，最终无线趋近于 100%。当多个波束同时工作时，移动台从一个波束移动到另一个波束，通信信号质量受到的干扰也会明显降低，保证了通信信号的稳定性。②形成自适应波束。自适应波束的应用原理与多波束有一定的类似性，但是自适应波束可以自动获取目标（覆盖）区域业务量的变化，有利于智能天线工作效率的提升。自适应波束与多波束最明显的区别在于：多波束覆盖环境下，移动台的切换需要人为控制，而在自适应波束覆盖环境下，智能天线的控制中心可以自动定位该区域中的任何一个移动台。当移动台的位置发生变化后，可以根据覆盖范围的大小变化调整发射机的运行功率，从而确保自适应波束的相对稳定性。③形成波束零点。在移动通信系统中，为了提高频率利用率，通信公司常常会在原有系统容量的基础上额外增加一定的频道。这样一来，原有的通信系统中占有的频道数增加，相互之间容易产生交叉，形成干扰。同频干扰会导致信号的接收性变差，且输出的信号断断续续，严重影响通信质量。智能天线可以在阵列方向图上找出移动台的波束零点，然后基于波束零点减小收发两个方向上的同频干扰，在不增加系统容量的前提下，也能够保证智能天线信号的稳定性。④构造动态小区。普通天线虽然发射机功率有所不同，但是同一功率下的覆盖面积是相同的，即小区形状固定。这种静止状态下的小区，早期能够满足移动通信用户的需求，但是随着系统的升级换代，小区所承担的负荷增加，通信质量也会有所降低。基于波束自适应的动态小区，具备了自动跟踪和动态定位移动台的能力，从而根据业务量的变化构建形状多变的动态小区。根据实践经验，动态小区的边界范围根据同一区域内信道数量的变化而变化，尤其是在通信系统参数调整的初期，业务量的

需求波动较大，由此也容易致智能天线的定位受到干扰影响。此时动态小区需要通过调整边界范围，从而更好地满足周边区域的信号传输、接收质量。

智能天线在移动通信领域的应用有很多优点，可以提高信号的抗干扰能力，改善了通信系统性能，具有波束自适应能力等。近年来，依托于信息技术的智能天线技术发展迅速，从最早应用于第三带通信系统，到即将迎来的5G时代，智能天线在其中扮演了不可替代的角色。通过分析智能天线的技术原理和应用方法，可以更好地满足电力用户的通信需求，提高服务质量，推动移动通信行业的可持续发展。

1.2.4 软件无线电 (SDR)

软件无线电主要由天线，射频前端，宽带 A/D、D/A 转换器，通用和专用数字信号处理器以及各种软件组成，如图 1-3 所示。软件无线电的天线一般要覆盖比较宽的频段，要求每个频段的特性均匀，以满足各种业务需求。射频 (RF) 前端在发射时主要完成上变频、滤波、功率放大等任务，接收时实现滤波、放大、下变频等功能。模拟信号进行数字化后的处理任务全由数字信号处理 (DSP) 软件承担。为了减轻通用 DSP 的处理压力，通常将 A/D 转换器传来的数字信号，经过专用数字信号处理器件处理，降低数据流速率，并将信号变至基带后，送给通用 DSP 进行处理。

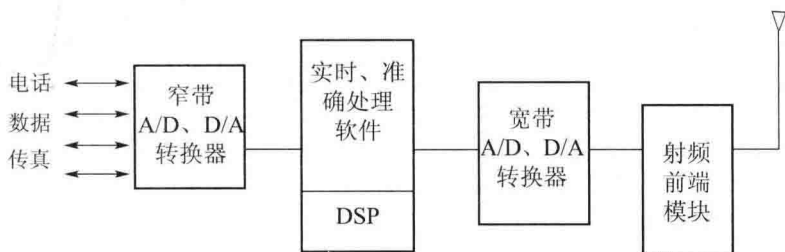


图 1-3 软件无线电组成

软件无线电实现的体系结构可分为射频低通采样数字化结构、射频带通采样数字化结构和宽带中频带通采样数字化结构 3 种。射频低通采样数字化软件无线电结构简洁，它将模拟电路数量减少到最低程度。射频带通采样数字化的软件无线电结构与低通采样软件无线电结构主要不同是：A/D 前采用了带宽相对较窄的电调滤波器，再根据所需的处理带宽进行带通采样。与目前的中频数字化接收机结构类似，宽带中频带通采样数字化与软件无线电结构都采用了多次混频体制（或称超外差体制），其主要特点是中频带宽更宽，

所有调制解调等功能全部由软件实现。

软件无线电中的关键技术：①宽带/分频段天线。软件无线电台要求能够在相当宽的频段（从短波到微波）内工作，最好能研究一种新型的全向宽带天线，可以根据实际需要由软件智能地构造其工作频段和辐射特性。目前的可行性方案是采取组合式多频段天线。②多载波功率放大器（MCPA）。理想的软件无线电在发射方向上将多个载波合成为一路信号，通过上变频后，用MCPA对宽带模拟混合信号进行低噪声放大。因为混合信号中信号与信号的包络幅度相差很大，所以对放大器的非线性特别敏感，MCPA采用前向反馈技术抑制不需要的互调载波，得到有效的功率利用。③高速宽带A/D、D/A变换。A/D主要性能是采样速率和采样精度，理想的软件无线电台是直接在射频进行A/D变换，要求必须具有足够的采样速率。根据Nyquist采样定理，要不失真地反映信号特性，采样频率 f_s 至少是模拟信号带宽 W_a 的2倍。为保证性能，在实际应用中常进行过采样处理，要求 $f_s > 2.5W_a$ 。根据目前研究结果，其中一种解决方案是可用多个高速采样保持电路和ADC，然后通过并串转换降低量化速度，以提高采样分辨率。④高速并行DSP（DSP芯片是软件无线电必需的最基本的器件）。软件对数字信号的处理是在芯片上进行的。中频主要包括基带处理、比特流处理和信源编码三部分。基带处理主要完成各种波形的调制解调、扩频解扩、信道的自适应均衡及各种同步数字处理，每路需要几十到几百个MIPS的处理能力。比特流处理主要完成信道编解码（软判决译码）、复用/分解/交换、信令、控制、操作和管理以及加密解密等功能，每路需要几十个MIPS的处理能力。信源编码要完成语音、图像等编码算法，每信道需要十几个MIPS的处理能力。如此巨大的信号处理运算，必须采用高速多个DSP并行处理结构才有可能实现。⑤软件无线电的算法。软件的构造是对设备各种功能的物理描述建立数学模型（建模），再用计算机语言描述算法，最后转换成用计算机语言编制的程序。

软件无线电中的算法特点：①对信号处理的实时性。在时空上对算法的要求很高；②软件无线电算法应具有高度自由化（便于升级）和开放性（模块化、标准化）；③目前主要算法为数值法，但并不排斥其他算法或者多种算法的结合。

由于多种移动通信标准并存，使现有的移动通信标准族变得十分繁杂。从近期发展看，软件无线电技术可以解决不同标准的兼容性问题，为实现全球漫游提供方便；从长远发展看，软件无线电发展的目标是实现能根据无线电环境变化而自适应地配置收/发信机的数据速率，调制解调方式、信道编译

码方式,甚至调整信道频率、带宽以及无线接入方式都智能化的无线通信系统,从而更加充分地利用频谱资源,在满足用户 QoS 要求的基础上使系统容量最大。随着 SDR 技术的不断成熟与发展,其在 4G 中的作用越来越突出。^[9]

1.2.5 移动 IPv6

移动 IPv6 的组成元素包括移动节点、家乡代理 (家乡链路上的一个路由器)、通信节点、家乡地址 (移动节点的 IP 地址)、转交地址 (移动节点访问外地链路时的 IP 地址)、家乡链路、外地链路以及绑定作用。其各组成元素之间的通信如图 1-4 所示。

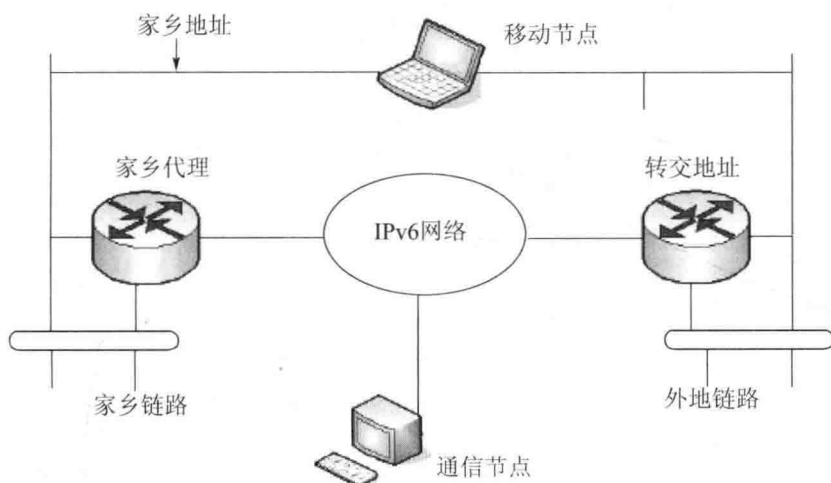


图 1-4 移动 IPv6 的组成

移动 IPv6 的工作原理及流程:当移动终端位于家乡链路时,通过家乡链路的 IP 路由机制分组转发数据,因为移动终端未离开家乡链路,所以通信模式在家乡网络中不作任何改变,不需要在终端设置移动 IPv6。当移动终端离开家乡链路连接到外地链路时,为了保持终端的通信畅通、不掉线,此时网络采用了移动 IPv6 协议,这一协议的使用,使得移动终端永远在线,并保持连接和业务的不被中断。移动 IPv6 工作流程如图 1-5 所示,可通过以下几方面描述:

(1) 归属代理和外区代理不停地向网上发送代理消息,用来告知网络自己的存在。

(2) 移动终端收到这些消息,确定自己是在归属网还是外区网。

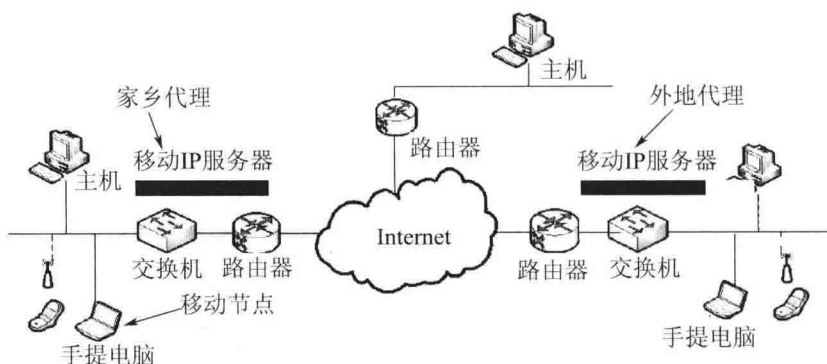


图 1-5 移动 IPv6 工作流程

(3) 如果移动终端发现自己仍在归属网上，即收到的是归属代理发来的消息，就不启动移动功能；如果移动终端从外区重新返回，则向归属代理发送注册取消的功能消息，声明自己已经回归到归属网中。

(4) 当移动终端检测到在外区网时，则会获取一个关联地址。然后移动终端向归属代理注册，表明自己已离开归属网，并把获取的关联地址通知归属代理。

(5) 注册完毕后，所有通向移动终端的数据包都经归属代理发往外区代理，外区代理收到这些数据包后，再将其转给移动终端。这样，即使移动终端已由一个子网移动到另一个子网，移动终端的数据仍然在继续进行。因此，处于外区网的移动终端通过上述过程来达到通信的畅通。

由于无线网络的 IPv4 技术存在的种种缺陷，因此它并不能满足下一代互联网的标准。针对这一问题，国际标准组织 IETF 研制了下一代互联网的基础通信协议——移动 IPv6。移动 IPv6 的优势主要体现在以下几个方面：

(1) IP 地址数量显著增加。移动 IPv6 技术发展之所以迅速，主要是由于它有 128 位灵活的地址空间，可以容纳更多的移动终端。因此，未来的每一种家电、器具、终端、设备、感应器、生产流程都可以拥有自己的移动 IP 地址。

(2) 实现端到端的对等通信。传统的端到端的通信无法满足人们对下一代互联网中移动通信的要求。采用移动 IPv6 协议，移动终端获取一个全球 IP 地址，使通信真正实现全球任意点到任意点的连接。

(3) 层次化的地址结构。移动 IPv6 技术不仅能提供大量的 IP 地址以满足移动通信的飞速发展，而且可以定义移动 IPv6 地址的层次结构，从而减小路由表的大小，并且可以通过区域地址和选路控制来定义某个组织的内部