

WUXIANDIAN ZIYUAN SHI YONG BIAOZHUN
YU GUIFANHUA GUANLI SHIYONGSHOUCE

无线电资源使用标准 与规范化管理实用手册

主编 / 柳 彰

银声音像出版社

无线电资源使用标准与 规范化管理实用手册

柳 彰 主编

(三)

本手册为《无线电资源使用标准与规范化管理实用手册》

(CD-ROM)光盘配套使用说明及注解手册

银声音像出版社

目 录

第一篇 无线电资源使用管理概论

第一章 无线电管理概述.....	(3)
第一节 无线电概述.....	(3)
第二节 无线电管理的含义	(11)
第三节 无线电管理概论	(15)
第四节 无线电管理组织体制	(25)
第五节 无线电管理的组织原则	(29)
第六节 无线电管理组织环境	(31)
第二章 无线电资源管理	(36)
第一节 无线电资源管理机构	(36)
第二节 无线电频率资源的管理	(39)
第三节 卫星轨道/频率资源的管理.....	(45)
第四节 无线电台(站)与设备的管理	(50)
第五节 无线电的监测及监督检查	(58)
第三章 无线电管理系统	(64)
第一节 无线电管理的主体系统	(64)
第二节 无线电管理的客体(资源)系统	(69)
第三节 无线电管理系统的目标与任务	(75)
第四节 无线电管理的法规体系	(78)
第五节 无线电管理的环境系统	(81)
第六节 无线电管理系统的特殊性质	(85)
第四章 无线电通信的管制	(89)

目 录

第一节 无线电通信管制的产生及发展	(89)
第二节 管制机构	(94)
第三节 无线电通信的管制程序	(110)
第四节 有效管制的原则	(113)
第五章 无线电频率资源规划分配改革	(120)
第一节 新一代无线电的频率规划	(120)
第二节 GPRS 对 GSM 频率规划的影响	(129)
第三节 频率资源的科学分配	(135)
第六章 无线电资源的有效利用	(142)
第一节 无线电频谱的有效利用	(142)
第二节 我国频率资源的使用模式	(148)
第三节 我国无线电频率资源的优化配置	(150)
第四节 未来无线电资源的合理使用	(157)
第七章 无线电资源的未来发展	(165)
第一节 无线本地环路的应用及现状	(165)
第二节 3G 时代的到来	(166)
第三节 住宅微波通信系统的发展	(171)
第四节 无线通信的融合性与多样性发展	(173)
第五节 毫米波卫星通信的发展	(175)
第六节 软件无线电与虚拟无线电的发展	(179)

第二篇 无线电资源管理基础

第一章 无线电资源的新应用范围	(189)
第二章 无线电频率的许可证制度	(194)
第一节 简介	(194)
第二节 电信许可证制度的种类	(204)
第三节 电信许可的程序	(206)
第四节 许可证制度的原则	(214)
第五节 许可证的具体内容	(226)

第三章 无线电频率及频谱分配	(232)
第一节 无线电频率相关概念.....	(232)
第二节 频谱的分配.....	(237)
第三节 无线电频谱资源管理.....	(241)
第四节 AMPS 的频率分配与信道利用	(253)
第五节 D-AMPS 的频率分配与信道控制	(261)
第六节 GSM 的频率分配	(265)
第七节 CDMA 的频率分配	(271)
第八节 LMDS 频段分配	(278)
第九节 MMDS 的频率分配	(280)
第十节 无线 LAN 的频率选择	(286)
第四章 无线电的传播	(289)
第一节 无线电的自由空间传播.....	(289)
第二节 无线电的地面传播.....	(291)
第三节 卫星传播.....	(302)
第五章 天线及其智能化发展	(305)
第一节 天线及其附属设备.....	(305)
第二节 天线塔.....	(318)
第三节 天线的选用.....	(329)
第四节 软件天线的发展.....	(331)
第六章 无线电的发射与接收	(337)
第一节 发射器及无线电的发射.....	(337)
第二节 接收机及无线电的接收.....	(351)
第三节 收发机.....	(360)

第三篇 无线电微波频段资源的规范化管理

第一章 微波与卫星通信及其频率配置	(365)
第一节 微波与卫星通信及其特点.....	(365)
第二节 微波通信系统.....	(368)

第三节 卫星通信系统.....	(374)
第四节 微波与卫星通信的频率配置.....	(384)
第二章 微波与卫星通信的调制、解调	(387)
第一节 微波调制、解调技术的特点和种类	(387)
第二节 频分复用及模拟信号的调制.....	(389)
第三节 时分复用与数字信号的调制、解调方式	(393)
第三章 微波与卫星通信的信道分配.....	(414)
第一节 信道分配概述.....	(414)
第二节 频分多址方式.....	(418)
第四章 微波传播及其衰落性分析.....	(434)
第一节 自由空间电波传播.....	(434)
第二节 电波传播的影响因素.....	(435)
第三节 衰落的种类及特性.....	(444)
第四节 频率选择性衰落.....	(448)
第五节 微波传播的抗衰落技术.....	(452)

第四篇 无线电短波频段资源的规范化管理

第一章 短波通信及其发展趋势.....	(465)
第二章 短波信道的管理.....	(475)
第一节 短波信道的含义.....	(475)
第二节 短波信道的特性.....	(476)
第三章 短波的自适应与扩频通信管理.....	(488)
第一节 短波自适应通信的分类.....	(488)
第二节 短波自适应通信系统.....	(491)
第三节 短波自适应通信的展望.....	(499)
第四节 短波扩频通信及其发展.....	(505)
第四章 短波天线及其选用.....	(510)
第一节 短波天线的常见类型.....	(510)
第二节 天线型式的选型.....	(529)

第五篇 个人通信无线电资源的规范化管理

第一章 个人无线通信系统的网络结构.....	(537)
第一节 一般体系结构特性.....	(537)
第二节 IMT-2000 的基本功能模型	(539)
第三节 网络互连功能参考模型.....	(547)
第四节 功能接口.....	(551)
第二章 个人通信无线电频谱及其分配.....	(553)
第一节 个人通信业务中的带宽与传送速率.....	(553)
第二节 IMT-2000 的业务量及所需频谱的估计	(559)
第三节 IMT-2000 的频带划分及其实施	(566)
第四节 IMT-2000 的频带共享	(571)
第五节 美国个人通信业务(PCS)的分类及频谱分配	(579)
第六节 个人通信未来的频谱需求分析.....	(581)
第三章 个人通信中的无线电运行环境.....	(584)
第一节 无线电运行环境的特性.....	(584)
第二节 无线电运行环境的分类.....	(586)
第三节 无线电传播环境的分类.....	(591)
第四节 无线电运行环境中的业务可接入性.....	(594)
第四章 个人通信中的无线电接口要求.....	(598)
第一节 无线电接口的概念.....	(598)
第二节 用户要求.....	(599)
第三节 运行要求.....	(603)
第四节 话音性能要求.....	(610)
第五章 无线电接口及其子系统的结构.....	(616)
第一节 无线电接口的通用性.....	(616)
第二节 无线电子系统分层参考模型.....	(620)
第三节 信道结构.....	(622)
第四节 蜂窝结构.....	(626)

第五节 链路控制.....	(629)
第六章 个人通信的网络管理.....	(634)
第一节 个人通信管理目标.....	(634)
第二节 个人通信管理的一般要求.....	(636)
第三节 个人通信管理规范的原则.....	(641)
第四节 TMN 在个人通信网络管理中的应用	(642)
第五节 IMT-2000 的网络管理业务	(645)
 第六篇 软件无线电资源的规范化管理	
第一章 软件无线电概述.....	(657)
第一节 软件无线电的概念.....	(657)
第二节 软件无线电的信号流.....	(667)
第三节 软件无线电平台.....	(671)
第四节 软件无线电的获得参数.....	(677)
第五节 软件无线电的应用.....	(680)
第二章 软件无线电的体系发展.....	(685)
第一节 软件无线电体系结构的变迁.....	(685)
第二节 民用领域体系结构需求分析.....	(694)
第三节 军事领域体系结构需求分析.....	(705)
第四节 软件无线电体系结构的标准化发展.....	(709)
第三章 软件无线电频谱及射频环境.....	(716)
第一节 无线电射频信号空间.....	(716)
第二节 HF 波段的通信模式	(720)
第三节 低波段的噪声与干扰.....	(723)
第四节 LVHF 波段通信	(724)
第五节 多径传播.....	(727)
第六节 VHF 波段的通信	(729)
第七节 UHF 波段的通信	(732)
第八节 SHF 波段的通信	(734)

第九节 EHF 波段的通信	(739)
第十节 卫星通信	(741)
第四章 软件无线电资源分析	(746)
第五章 软件无线电电台的设计与应用	(765)
第一节 几种常见的软件无线电电台设计	(765)
第二节 软件无线电电台的应用	(770)
第三节 软件无线电电台的新发展	(778)
第六章 软件无线电资源处理软件	(782)
第一节 软硬件的接口	(782)
第二节 频谱管理与频谱监视	(788)
第三节 调制解调软件	(795)
第七章 无线电资源性能管理	(804)
第一节 概 述	(804)
第二节 无线电资源性能管理的过程	(807)
第三节 需求的估计处理	(808)
第四节 软件无线电的基准标记	(815)
第五节 性能参数的确定	(817)

第七篇 无线电管理与频率划分规定标准

第一章 无线电管理的术语与定义	(825)
第二章 无线电频率划分规定	(850)
第三章 国际电信联盟无线电频率划分脚注	(958)
第四章 中国无线电频率划分脚注	(1023)

第八篇 无线电资源使用标准汇编

第一章 无线电频率使用规范标准	(1029)
25~1000MHz 陆地移动通信网的容量系列及频道配置	(1029)
无中心多信道选址移动通信系统体制	(1033)

目 录

电视中间频率	(1053)
第二章 无线电频率使用技术标准	(1054)
集群移动通信系统技术体制	(1054)
中波广播网覆盖技术	(1068)
短波广播网覆盖技术规定	(1085)
第三章 无线电频率使用环境标准	(1113)
地球站电磁环境保护要求	(1113)
微波接力站电磁环境保护要求	(1125)
短波无线电收信台(站)电磁环境要求	(1136)
对海中远程无线电导航台站电磁环境要求	(1143)
短波无线电测向台(站)电磁环境要求	(1150)
对空情报雷达站电磁环境保护要求	(1158)
航空无线电导航台站电磁环境要求	(1169)
第四章 无线电频率使用安全标准	(1181)
无线电发射设备安全要求	(1181)
移动通信设备安全要求和试验方法	(1203)
微波和超短波通信设备辐射安全要求	(1221)
第五章 基站设备技术标准	(1228)
900/1800MHz、TDMA 数字蜂窝移动通信网基站子系统设备技术 技术要求	(1228)
移动通信系统基站天线技术条件	(1336)
移动通信基站防雷与接地设计规范	(1350)
移动通信基站防雷与接地设计规范条文说明	(1357)
第六章 其他相关标准	(1359)
陆地移动业务(16k0F3E)	(1359)
电子调光设备无线电骚扰特性限值及测量方法	(1367)
卫星应急无线电示位标性能要求	(1371)
无线电发射机杂散发射功率电平的限值和测量方法	(1381)
声音和电视广播接收机及有关设备无线电干扰特性限值和测量方法 ..	(1398)

第九篇 相关法律法规

中华人民共和国电信条例	(1419)
中华人民共和国无线电管理条例	(1435)
关于清理 1885—2025MHz 及 2110—2200MHz 频段有关问题的通知	(1443)
四川省《中华人民共和国无线电管理条例》实施办法	(1445)
关于短距离微功率无线电设备使用 2400MHz 频段有关问题的通知	(1454)
关于发布 26GHz 频段 FDD 方式本地多点分配业务(LMDS)频率规划 试行的通知	(1456)
无线电管理收费规定	(1457)
关于加强四川省公众移动通信网基站管理的通知	(1461)
关于调整蜂窝公众通信网络频率占用费收费办法和标准的通知	(1463)
建立卫星通信网和设置使用地球站管理规定	(1465)
关于使用 5.8GHz 频段频率事宜的通知	(1475)
关于清理整顿卫星通信网和地球站的通告	(1478)
关于调整 2.4GHz 频段发射功率限值及有关问题的通知	(1481)
关于第三代公众移动通信系统频率规划问题的通知	(1483)
个人业余无线电台管理暂行办法	(1485)
关于 900MHz 频段无中心多信道选址移动通信系统使用频率有关问题 的通知	(1488)
关于进一步加强卫星转发器使用管理有关问题的通知	(1490)
关于加强 450—470MHz 频段管理的通知	(1492)
关于 400MHz 频段公众对讲机业务频率规划的通知	(1493)
关于公众对讲机管理有关问题的通知	(1495)
关于禁止非法研制生产和使用无线电干扰设备的通知	(1498)
高楼高塔高山设置无线寻呼发射基站管理规定	(1499)
关于 800MHz 频段 CDMA 系统基站和直放机杂散发射限值及与 900MHz 频段 GSM 系统邻频共用设台要求的通知	(1502)
关于加强卫星空间电台使用管理的通知	(1505)

目 录

关于审批无线寻呼发射台站站址技术要求的通知	(1506)
进口无线电发射设备的管理规定	(1508)
研制无线电发射设备的管理规定	(1512)
陕西省无线电资源利用收费和违章罚款管理办法	(1514)
生产无线电发射设备的管理规定	(1519)
微功率(短距离)无线电设备管理暂行规定	(1523)
无线电管理处罚规定	(1532)
无线电管理监督检查办法	(1537)
无线电管理收费标准	(1542)
无线电台执照管理办法	(1544)
关于加强无线电发射设备管理的通告	(1546)
设置卫星网络空间电台管理规定	(1548)
关于调整 1—30GHz 数字微波接力通信系统容量系列及射频波道配置 的通知	(1552)
关于无线接入系统使用 1880—1900/1960—1980MHz 频段有关问题的 通知	(1553)
无线电台执照管理规定	(1554)
福建省无线电管理条例	(1556)
云南省无线电管理条例	(1562)
关于进一步加强无线电频率和台站管理的规定	(1570)
北京市无线电台设置使用管理规定(修正)	(1572)
渔业无线电管理规定	(1575)
铁路无线电管理规则	(1583)
汕头经济特区无线电管理办法	(1590)
菏泽市实施《山东省无线电管理办法》暂行规定	(1595)
河北省无线电管理规定	(1598)
广东省无线电管理实施办法	(1604)
关于征求《微功率(短距离)无线电设备管理暂行规定》修改意见的通知	(1614)
关于开展保护民用航空无线电专用频率专项整顿活动的通告	(1615)

第七章 无线电资源性能管理

本章的内容能使 DSP 硬件成本减少将近一倍或更多, 因此它是本书关键, 在某种意义上是 SDR 设计方面的顶点。

第一节 概 述

软件无线电结构的关键性资源包括输入/输出 (I/O) 带宽、存储器和处理能力。好的资源需求估计, 导致从软件对象到不同种类多重处理硬件的良好映射。关键资源取决于硬件的细节, 可能是嵌入的处理器、存储器、总线、海量存储器或其他一些输入/输出子系统的容量。

一、需求与容量的一致度量

MIPS、MOPS 和 MFLOPS 是不能相互交换的, 例如, 包括流水线浮点运算或单独指令 FFT 蝶式运算的许多当代的处理器。这些运算需要处理器时钟周期。然而, 可用每秒百万次运算 (MOPS) 的共同度量来表示需求, 其中, 运算是在一个 SDR 字宽及运算混合的时钟周期内平均完成的工作。虽然软件无线电可用 16bit 字来实现, 这需要在每个处理阶段系统地控制动态范围 (例如, 通过自动增益控制和其他规范化函数)。因此, 32bit 的等效字提供更有用的参考点, 无视 FDGA 的实现为了效率采用精度受限的运算。计算 (例如滤波) 对 I/O (例如对 T1 合路器) 的混合, 强烈依赖于无线电应用, 所以本章为给定的 SDR 应用定量地提供确定指令混合的工具。对混合有用的一个通则是, PF 变换段及调制解调器段是计算密集的, 被 FIR 滤波和频率搬移所支配的。另一个是 INFOSEC 和网络段, 是被 I/O 或比特流功能所支配的。那些具有复杂组网及差错控制的协议可被比特流功能所支

配。信包化的各层，将被用于协议状态机制的打包和拆包比特流所支配。

MIPS 和 MFLOPS 都可能被变换到 MOPS。此外，16bit、32bit、64bit 以及扩展精度运算的混合，也可被表示为 Byte-MOPS，即 MOPS 乘以被运算变换的字节。处理器的 I/O、DMA、附加的 I/O 通量、存储器以及总线带宽全可用 MOPS 来表示。这种情况运算对象是数据字中的字节数，并且运算是堆栈或取数。

关键资源是系统中的任一计算实体（CUP、DSP 单元、浮点处理器、I/O 总线等）。MOPS 必须对每一个关键资源独立地累计。最终，软件需求必须被精确地变换到等效 MOPS。最后一步的关键是基准标记。手工编码组装语言算法优于高阶语言（HOL）编码（例如 Adc 或 C）一个数量级。此外，HOL 通常优于码生成软件工具，有时优于一个数量级。依据每关键资源 MOPS 标准的需求和容量的精确分析，得出有用的性能预测。在项目计划期间产生的初始估计通常不会有两倍的误差。因此，为了保证性能预算收敛以致产品可按技术指标及时地送达，人们必须确认贯穿本章整个项目描述的性能管理规范。

二、初始需求的估计

有关的需求可能超过今天通用处理器的容量。但是，容量的估计有助于识别最支持给定分段的软件类别。人们可决定诸如数字滤波器这样的点运算的每点所需要的运算量，例如，高质量频率搬移和 FIR 滤波器的典型运算量是每点一百次，然后乘以表中的关键参数，得到对处理需求的第一次削减。正被滤波的数据流的取样率乘以 100，快速地得出一个粗略数量级的需求估计。

处理需求取决于对信号带宽的一阶逼近，以及 IF、基带、数据流及源各分段内关键运算的复杂度，如下：

$$D = D_{if} + N (D_{bb} + D_{bs} + D_s) + D_{oh}$$

其中 $D_{if} = W_a (G1 + G2) \times 2.5$

$$D_{bb} = W_c (G_m + G_d)$$

$$D_{bs} = R_b G_3 + (1/r)$$

式中， D 是总需求（以标准化 MOPS 为单位）。 D_{if} 、 D_{bb} 、 D_{bs} 、及 D_s 分别是中频、基带、数据流及源的处理需求； D_{oh} 是管理开销的处理需求。 W_a 是接入服务波段的带宽； $G1$ 是服务波段隔离滤波器的每点复杂度； $G2$ 是用户信道隔离滤波器的复杂度； N 是用户数目； W_c 是单信道带宽； G_m 是调制处理及滤波的复杂度； G_d 是

解调处理（载波恢复、多普勒跟踪、软解码、对 TCM 的后处理等）的复杂度； R_b 是（非冗余）数据流的数据率； R 是码率； G_3 是每信道比特流（例如 FEC）处理的每点复杂度。

具有足够容量支持实时性能处理器，必须满足实时需求。目前，大多数 IF 处理对专用数字接收机芯片是卸载的，因为具有足够 MOPS 的通用处理器不能成本有效。大约每隔 18 个月，这个权衡变化有利于通用处理器。每个月户总计 4~10MOPSM 的基带久比特流处理需求，是在大多数 DSP 芯片能力之内的。因此最高性能的 DSP 芯片可容纳几十个用户。包括开销，所有用的 122.6MOPS 总需求是在正方形 TMS320C50 板的标称容量之内。当复用多于一个用户流到一个处理器时，存储器缓存大小，总线带将用去额外开销的 MOPS。

三、设备资源利用率

在与处理器容量有关的处理需求中，关键的设时参数是资源利用率是平均提供的需求与平均有效容量之下比。当用 MOPS 比率适用于总线、海量存储器及 I/O，以及 CPU 和 DSP 芯片。瓶颈是指限制系统通量的关键资源。识别瓶颈需要本章描述的分析 and 基准标记。如果处理器是关键资源，上面给出的简化分析是适用的。SDR 系统工程师必须说细了解约定设计的这些瓶颈。SDR 设计的必须预计到过一定时候瓶颈的灵敏改变。然而，有时 I/O、底板总线或存储器将是关键资源。下面所述适用这样的关键资源。利用率 $P=D/C$ 。它是提供的需求与关键资源容量之比，其中 D 是平均资源需求， C 是平均实现容量，均以 MOPS 为单位。在多线程（thread）处理的 DSP 中，可能没有明显的排队，但若是准备运行多于一个线程、任务、用务、等，其等待资源花费的时间构成排队延迟。曲线 $f(\rho)$ 表示指数分布的服务时间，而 $g(\rho)$ 表示固定服务时间。简单功能像数字滤波器有固定的服务时间。也就业是说，调用一个 35 点 FIR 滤波器经每次占用同样的 350 次运算。具有逻辑的或收敛性质的更复杂的功能，像解调器是用更精确的指数分布服务时间作为模型的。

强健的性能发生在 $\rho < 0.5$ ，它是 50% 储备容量。导致衰退的不希望事件具有明显的规律性，将发生在 $0.5 < \rho < 0.75$ 。当 $\rho > 0.75$ 系统通常不稳定，排队溢出经常地破坏基本信息。系统工作在临界区将失去等时限制，随 ρ 增大引起用户烦恼增加。

需要用方差分析来确定因超过要求时延引起的实时流中不接受故障的风险。不完备的 T 分存贮阐明了超过规定延迟的风险与指标对平均延迟比的关系。关于均值与方差关系的假设一个有用的经验法则在 1/3 基准标记处理器容量处建立峰预测需求: $D < C/4$ 。若 D 是精确的, 并且任务是随机的并具均匀到达率及指数服务是时间, 那么平均说来, 小于 1% 的任务将未能满足规定的性能。

仿真及快带设计在原型灵敏度进了简单模型取得的估计, 但是没有免费的午餐, SDP 需要 3~4 倍的 ASIC 和通用芯片的初始硬件处理能力。因此, SDR 比专用硬件实现大给落后了一代硬件, 或者 3~5 年。因此, 正规的软件无线电结构首先出现在采用现代硬件实现基站。现在定义这样的多通道、多线程、多处理系统的管理性能过程。

第二节 无线电资源性能管理的过程

性能管理的过程是由 4 步组成。第一步, 是系统关键资源的识别。关键资源的识别, 关键资源模型表征系统中每一个重要处理设备、数据、数据流向路径及控制流向路径。有时, 系统瓶颈可能是反直观的, 例如, 在一个分存处理的指令和控制系统中, 有 2 个控制处理器、1 个硬件执行 (HE) 及 1 个系统控制器 (SC)。在综合实验室该系统出现过不稳定特性, 以及后来的六个月内也如此。因为我新被指定为 C2 衍生 (更复杂的) 系统工程师, 我调查研究了基本系统的稳定性问题。由于衍生系统是根据严格固定价格的商业同被交货, 分析是被利益所驱动的。在项目建议期间的头两年所建立的定时和加载的分析是不切实际的。因此, 我不得不用开发工具创造一个系统性能模型。HE 每隔 100ms 产生系统定时消息去同步 12 个微计算机及 100 多计算机控制的处理器的运行, 它们大多数被装在嵌入的微处理器中。SC 把所有 C2 的消息存到磁盘。磁盘以每秒 17 次净存取被基准标记, 包括搜索、循环等待时间和操作系统引起的循环失误差。对于峰需求的应用, 10 次存取是需要的。当对该磁盘的需求接近每秒 20 个事务处理时, 系统存在不稳定性。解决办法是压缩 100 个定时消息存储到一个 SC 块。归因于定时消息, 对磁盘的要求从 10 降到 0.1, 同时对系统的要求从 20 降至 10.1。

由于 SC 开发小组根本没有关键资源模型, 他们不知道片状系统的缓存器溢