



现代无线电频谱管理模式的研究^{*}

冯 博

(西安邮电大学电子工程学院 西安 710121)

摘 要:对现代无线电频谱管理模式进行了简要的介绍,并对这些模式进行了分析比较。提出了我国未来无线电频谱管理的建议,建议频谱资源管理手段应为兼具命令与控制模式、基于市场的产权模式、共享或无执照模式、智能管理模式 4 种模式的动态分配方式。

关键词:无线电频谱管理;命令与控制模式;产权模式;共享或无执照模式;智能模式

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.06.022

Study of Modern Radio Spectrum Management Mode

Feng Bo

(School of Electronic Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710121, China)

Abstract: Modern radio spectrum management modes were introduced briefly, analyzed and compared. Recommendation on our country's future radio spectrum management was put forward. Spectrum resources management mode should be a dynamic market-based approach, which combines command and control model, property right mode, commons or unlicensed mode and intelligent mode.

Key words: radio spectrum management, command and control mode, property rights mode, commons or unlicensed mode, intelligent mode

1 引言

当今世界,一个不可阻挡的趋势是,信息和通信技术(information and communications technology, ICT)的发展使得电信网、互联网和广播电视网的界限越来越模糊,一个融合的时代已经到来。然而,与此相对应的无线电管理模式显得有些滞后,阻碍了新技术的发展和服务的提供。

几年前,国际上最高的无线电管理机构 ITU(国际电信联盟)在频谱管理咨询意见中提到了一项频谱管理的重要原则——透明化管理(transparent management)原则。透明化管理的目的是使运营者更容易取得主管机关的频谱管理商业指导规则、程序和基本资料,以了解管理者的决定,让运营者有足够信息,调整潜在的影响以利于市场布局和确定需求与利益

环境计划,使竞争者立足于信息平等的地位。因此,透明化管理也被视为运营者投资、市场交易和服务的一项先决条件,作为开启市场竞争最重要的一环。至于透明化管理实施方法,ITU 表示可依不同使用者而有不同程度的要求。例如,在竞争市场中要求主管机构采取高度透明化的模式;而当强调机密、公共安全的频率使用时,透明化管理则较不重要。透明化管理原则适用的领域包含指配特定服务、频率的分配表范围、架设共享基站、国际条约协商、共享频率资源行为规范等。

另外,ITU 亦相当注意频谱利用技术的发展,并提供对于新兴频谱利用技术的管理建议。ITU 认为现今频谱利用技术之进展,使得相同频段不再仅限于特定频谱利用技术的利用,同一频段已有能力采取其他兼容的技术,提高资源的供给量及更多元的服务,提高频谱资源利用率。例如超宽带技术,以低

^{*} 工业和信息化部“十二五”规划前期研究课题基金资助项目(No.KT2009B3012)

功率类似背景噪声方式降低频率利用上的相互干扰,容许与既有窄带技术共同使用相同频段。另外,随着微处理器计算能力的发展,终端设备处理能力已足以随环境变化而调整收发标准。再如软件无线电技术,同一终端设备可同时容纳不同的收发技术标准。传统上基于窄带技术的高度管理手段已无必要。近年来ITU频谱管理政策报告指出,限制特定频段采取特定技术的法规,已经使得产业过度投入特定频段设备的制造与研发,导致忽略其他更有效率的适宜频率,反而造成较低的频率资源利用效率。ITU建议,除了解除频率技术上的限制之外,应尽量扩大免执照频段管理模式。ITU还和世界银行合作,开发了《ICT监管工具包》,其中第5个模块就是无线电频谱管理。

2 无线电频谱管理的模式

从历史上看,世界各国的无线电频谱管理均为命令与控制模式。随着新技术和新业务的发展,这种模式根本无法实现频谱的最佳利用,管理难度也日益增大。国际上相继推出了一些新的无线电频谱管理模式,下面对这些模式做一简要介绍。

2.1 命令与控制模式

所谓命令与控制模式,即通过管理机构集中分配资源之制度,采取命令与控制管理模式的管理机构必须负担搜集信息的成本,并且有能力判断申请者提供的信息,了解申请者资源利用的能力,选择可对该项资源产生最大利用效率的申请者,再授予频谱资源供其利用。管理者必须能了解所有供给及需求状况,并将有限资源直接分配给有最佳能力的使用者,产生资源利用效率最大的状态。

2.2 基于市场的产权模式

所谓建立产权模式(property rights mode),指通过建立市场机制,强调以价格机能来分配频谱资源的制度。依照传统经典经济学的假设,人是理性自利的,愿意出较高价格者,通常具有更高的生产能力,或是比出价较低者更能有效地运用资源。通过价格信息节省了政府信息搜寻成本,而决定出最有效率的资源使用者,并将资源转移至他的手上。再者,随着时间的推移,资源使用者无法保证仍能维持最佳利用资源之状态,因为原持有频率资源的使用者,利用资源的能力可能降低,或有其他使用者发展出更有效率的利用技术而对于特定频段拥有更高的使用效率。此时,只要通过二级市场交易的价格机制,让资源再次移转至最有能力的使用者身上,即可提高其资源利用率。总之,产权制度模式中政府的信息搜寻成本已从管理者移转

至个别使用者身上,政府只要通过市场的价格机制决定谁是最有能力的资源使用者,让资源可以移转至资源使用效率最大化的使用者手中,即可达成资源的最佳配置。

2.3 共享或无执照模式

共享或无执照模式(common or unlicensed mode)中,频谱在共享的基础上,对所有遵守事先设定的特定技术限制条件(例如全部发射功率、输出限制等),并符合为预防干扰而设定的有关干扰消除技术设备认证要求的所有用户提供频谱。该“开放”模式在使用权上一般是灵活的,可有效地将无线电频谱划分,分给用户。其重点着眼于让资源使用者通过遵守行为规范或技术标准而使用资源,即使多位使用者使用同一频率资源也不会发生资源利用冲突。因而,这种公用方法允许新企业更快地进入市场。分散、快速市场进入和灵活性的组合可以鼓励如Wi-Fi之类有效地利用频谱的应用实现技术进步。共享模式的不足在于它可能刺激对频谱的过度使用,而不是有效使用可替代资源。

随着频谱利用技术的进步,可能大幅增加可用的频谱数量,干扰问题也同时获得解决。未来频谱资源将不再具有稀有性,此时采取二级市场交易方式,可能反而保护了即将淘汰的技术,并让外界产生频谱会造就自然垄断的错误印象。鉴于此,近年出现了另一种频谱管理的主张——共享或无执照模式,该模式主张频谱应回归于公众,政府不需要再采取授予特定人独占使用频率使用权的管理方式。简而言之,传统上管理机构常以特许执照赋予特定人排他使用特定频段,其管理方法原本是为了解决频谱使用的干扰问题。但现今因为宽带共享技术的进步,干扰问题可以通过技术获得解决,而且可提高资源利用率。因此传统独占排他的管理方法,反而可能造成频率资源利用上的闲置与浪费的问题。

2.4 智能管理模式

这是最近发展和实施的一种新模式,该模式依赖于智能或自动化技术。这些技术允许频谱共用,它们使得无执照用户在相同频段以次要条件操作,而拥有执照的用户拥有排他性的频谱使用权。该模式同时吸收了基于市场和共享方法的优点。很显然,智能管理模式只能在相关频谱未大量使用的情况下才能发挥作用。

协调频谱使用和允许更广泛地使用任何一个频段两者间总是对立的,前者可以产生规模经济并降低成本,后者则鼓励创新。过去的特征很大程度上是和谐,而未来更可能会鼓励创新。同样地,在命令和控制模式中存在着对立,要求在融合的环境下保持技术和业务中立。



3 几种频谱管理模式的分析比较

国外发达国家已经历了频谱管理政策从命令与控制模式向不断吸收其他3种模式优点的变革。显然,没有一种模式可以适用于所有的情况。许多操作者也显然偏好在其已占有频谱的使用权问题上拥有更大的灵活性。如前所述,监管机构面临的挑战就是如何在最适合他们具体情况的模式中寻求平衡。

采取命令与控制模式,主管机关常常必须克服严重信息不对称(information asymmetry)的问题,因为信息不对称,主管机关可能错估申请者能力,可能产生经济学上所谓的竞租(rent-seeking)问题。所谓竞租是指经济活动的参与者为了获取无对价的利益,竞相争取免费的优惠,而造成整体社会资源纯粹损耗,例如雇用大量的律师或发动政治捐献、游说、贿赂,用在非生产性的竞争上,最后的取得资源者所付出的成本,相当于其优惠的价值。申请者为了不当对价免费获取无偿分配的频率,申请程序将沦为作文比赛,因此频谱资源分配产生无谓的社会损耗,反而降低了资源利用的效率。

命令与控制模式的另一项特色是资源禁止移转。使用者在取得频谱资源后,主管机关通常禁止其形成二级交换市场。任何资源转移变动,均须经过主管机关的同意,并由主管机关判断申请者是否具有使用资源的能力。然而,即使政府初期能精确判断申请者使用频谱资源的能力,为资源最佳配置,为了维持最佳资源利用效率,主管机关事后仍要时时刻刻监督频谱使用者有无实际依照资源利用计划书履行或未来因为经营不善导致利用频谱的能力降低,发生了必须更换或撤销既有使用者资格的问题等。故命令与控制模式,政府本身必须负担较高的管理成本。另外,采取命令与控制模式,政府通常保持高度管控监督,任何频率资源用途或业务上的变更,均须取得主管机关的同意。

采取产权模式,产权的界定是市场形成重要条件之一,为了建立二级交易市场,主管机关必须明确界定产权的范围,以降低交易成本。主管机关首要任务在于界定市场的交换标的,亦即确定“产权”范围。当产权范围已明确地界定,才能够有效降低交易成本,有利于形成二级交易市场。在此必须了解的是,当产权确定后,政府其实并非完全放弃资源控制权,因为政府也可以在开放市场中收购其所需要的频谱或强制征收部分频谱。

著名经济学家科斯(Ronald Coase)为了说明产权制度在市場交易上扮演的重要角色,于1959年在福特基金会的资助

下在《法律与经济学》杂志上发表了一篇无线电执照产权的理论的文章,题目为《联邦通信委员会(FCC)》。文章中也以看不见的频谱资源为例,频率使用上的特性使得难以了解在频率资源利用上到底是谁干扰了谁,因此难以定义其权利范围与执行。假如主管机关采用传统属物的方式界定产权,便很难描述土地所有者如何从一个有界限的空间里构建排除侵入的权利。故科斯建议美国联邦通信委员会应该采取“允许发射(permitted uses)”的描述方式,界定频率资源的产权意义。换句话说,他建议应该采用类似空气通过土地的方式来定义“频率的权利”,以特定的方式使用特定的射频设备,定义使用频率资源的产权。后来美国联邦通信委员会采用了科斯看法作为界定频率资源方式。当初上述文章的发表引起了一系列风波,在专家的建议下科斯于1961年初发表了《社会的成本问题》,在这篇文章中更详细地阐明了他的观点。这篇文章和《企业的性质》是瑞典皇家科学院作为授予他1991年诺贝尔经济学奖的理由。科斯的交易成本与所有权理论被经济学中称为“科斯理论”。在尚健在的经济学家中,以个人名字来命名经济学定理的实属罕见,这足见科斯在学术界中的影响之大。他不仅对经济学产生深远的影响,而且对法学和政治学也产生了深远的影响。虽然科斯教授主张用市场机制来决定无线电执照发放,而不是听证会(选美方式)来决定执照的发放,但他的主张有信息对称的盲点,而实际信息是不对称的,例如政府不清楚一无线执照的价钱是多少,而无线运营商却很清楚。1961年 Vickrey W S 首先建立了拍卖理论来解决非对称信息问题,1971年 Mirrlees J 提出了诱囚匹配数学模型。从诺贝尔奖的有关材料中可以看出,这也是 Vickrey 和 Mirrlees 获得1996年诺贝尔经济学奖的主要贡献之一。

关于建立共享模式,它所强调的是建立使用者与资源利用的行为准则或技术标准,让多人共享同一频率资源而不会发生电波干扰,因而提高资源供给量及频率使用效率。举例来说,使用者之间约定限制功率使用的最大值或者通过遵守“说之前先听(listen before talk)”原则,在通信前必须监测一段时间,只有在频带信号量小于某个门限值时才可以传送,以确保频率使用者在使用状态中不受干扰。如目前 Wi-Fi 所采用的 IEEE 802.11a/b/g 传输通信技术标准,当有限传输信道不复使用时,则由使用者轮流排队使用资源,虽然让使用者负担了时间上的延迟,但却可确保使用者的利用资源状态不受干扰。

通过技术标准来分配频率资源的利用,从根本上排除

了电波干扰的可能。因为当频谱资源使用可以通过特定技术标准或行业规范而分配资源时,若个别使用者不遵守相关技术标准,则该使用者本身可能立即遭受实质不利——无法与他人沟通。故共享模式的用户有诱因去遵守技术标准,政府不须介入分配或建立产权来解决资源利用上的冲突问题,相对于命令与控制模式及产权制度模式,更能替政府节省管理成本。

在此应注意的是,共享模式的适用情形是当频谱资源使用因为技术发展,资源供给已足以满足需求时。此时,政府虽然不必介入分配资源,但仍须为低度的管理。例如当使用者间无法自行协调建立资源使用的相关行为规范或技术标准时,为了降低使用者间的协调成本,政府仍应介入协助。当使用者不遵守行业规范或技术标准使用资源,而侵犯他人资源使用利益却未受实质惩罚时,如黑客违反协议行为规范的而免费取得使用资源,政府需介入事后惩罚,提供额外诱因让使用者遵守行为规范。

共享模式在资源利用上的保护的差别在于,并非通过执照或主管机关同意而将特定资源划归为特定人所有而保护其“未使用期间”的排他利益,而是通过标准或规范,仅保护使用者“正在进行利用资源”的状态不受电波干扰,而非保护长期排他的使用利益,当共享模式的用户离开资源而未使用时,他人随即可直接取而代之。

综上所述,频率管理模式大致可分为上述4种模式。然而,各种管理模式间亦可相互配合、混合,同时存在,以达成资源利用的各种目的,例如政府将公共资源委托私人管理或由运营者拍卖取得特定频段,招收使用者会员,并自行约定会员间资源使用行为准则。主管机关为达成各种不同频谱资源利用目的,并没有任何单一的管理模式可适用满足所有的频谱资源利用的需求。

当科技发展,特定频段已形成了频率共享的技术标准,同一频段有能力提供给多数人使用而不产生相互干扰,此时管理机关则应考虑采取共享模式,增加频率资源供给量,提高频率使用效率及科技效率。共用模式除了大大提高了资源供给量,电波干扰外部性问题也通过技术层面获得了解决,因为主管机关不必介入直接分配资源或建立产权供市场交易,也降低了政府管理成本。故我国频谱管理,应根据技术发展现况,尽量往此方向发展。

4 结束语

为了适应 ICT 发展及网络融合的趋势,我国的无线电

频谱管理应逐步成为更有弹性、以市场为导向的管理制度。笔者建议,我国的无线电管理机构在未来频谱管理上,应扩大频谱产权制度及动态模式发展。但不建议全面性采取市场机制模式,因为单一的管理模式,仍不能完全适用于所有的频谱管理的情况。至于何种情况下采取何种模式最适当,笔者认为,只有当特定频段的频谱资源呈现稀有性较高且二级市场交换相关的交易成本低时,才能采取频谱产权模式;当特定频段之频谱资源呈现稀有性较低且二级市场交换相关的交易成本高时,则建议采取频谱共享模式;至于控制与命令模式,仅限于为了国防、公共安全等重要公共利益时才适用。由此可知,建议频谱资源管理手段应为兼具“命令与控制模式”、“基于市场的产权模式”、“共享或无执照模式”、“智能管理模式”4种模式的动态分配方法(dynamic market-based approach)。

但是需要特别指出的是,在动态分配方式下无线电干扰问题更加复杂。这是因为,在传统的管理模式中,频谱的分配和指配过程是静态的,无线电干扰管理相对简单。然而,在动态分配方式中,频谱的使用为动态的,干扰管理的难度将大幅度提高,的确成了管理的难点。英国的通信管理局(OFCOM)和美国的联邦通信委员会从管理技术上提出了一些具体的措施和标准,这些措施和标准能发挥多大的作用,还有待进一步观察,也应着手从技术和标准制定上研究动态分配方式中的无线电干扰问题。

参考文献

- 1 Cave M, Doyle C, Webb W. Essentials of Modern Spectrum Management. Cambridge University Press, 2007
- 2 ICT Regulation Toolkit. <http://www.ictregulationtoolkit.org>
- 3 Berlemann L, Mangold S. Cognitive Radio and Dynamic Spectrum Access. UK: Wiley, 2009
- 4 吴崇信. 历届诺贝尔经济奖得主小传. 西安: 陕西人民出版社, 1998

[作者简介]



冯博, 男, 西安邮电大学电子工程学院教授、中国电子学会高级会员, 主要研究方向为无线电频谱工程、电磁兼容和电波传播。

(收稿日期: 2013-04-15)