

无线电频率资源价值评估与比较

Evaluation and Comparison of Radio Resources

裴郁杉(中国联通网络技术研究院,北京 100048)

Pei Yushan(China Unicom Network Technology Research Institute, Beijing 100048, China)

摘要:

无线电频率资源是宝贵的战略资源。对影响无线电频率资源价值的因素,如频段的传播特性、带宽、产业链成熟度、干扰共存等进行了详细分析,提出了一种比较评估任意频段、任意带宽频率资源价值的方法,并提供了量化影响因素的计算方法,给出部分影响因素的计算示例,为各用频单位进行新频率申请、频率重耕与调整等资源管理工作提供可量化的应用建议。

关键词:

频率资源;价值评估与比较;频率资源管理;频段;带宽

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.10.010

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

文章编号:1007-3043(2019)10-0043-04

Abstract:

Radio frequency resources are valuable strategic resources. The factors affecting the value of radio frequency resources, such as the propagation characteristics of frequency band, bandwidth, maturity of industry chain and interference coexistence, are analyzed in detail. A method of comparing and evaluating the value of frequency resources of arbitrary frequency band and bandwidth is proposed, and the calculation method of quantifying the influencing factors is provided. The calculation examples of some influencing factors are given, which can provide quantifiable application suggestions for resource management work such as new frequency application, frequency re-tillage and adjustment for mobile network operations.

Keywords:

Radio resources; Value evaluation and comparison; Resource management; Frequency; Bandwidth

引用格式:裴郁杉. 无线电频率资源价值评估与比较[J]. 邮电设计技术, 2019(10): 43-46.

0 引言

随着移动通信制式的不断发展,移动运营商拥有了高中低不同频段的频谱资源,并逐步推进频谱重耕与调整工作。但对于不同的频谱资源,其传播特性、带宽大小、所处产业链生态、电磁环境等特性均有很大差异,因此用频单位在进行网络部署时,对于潜在的频谱资源,如何评估其价值,选择最优的频谱,成为一个问题。本文利用市场比较法^[1]来评估比较任意频段不同带宽的频谱资源价值。

1 频率资源评估方法

当已知某频谱资源的价格时,参考市场比较法,任意频段的价值可用式(1)表示:

$$V=VB\times\omega_1\times\omega_2\times\omega_3\times\omega_4\times\omega_5\cdots+\Delta_1+\Delta_2+\cdots \quad (1)$$

式中:

V ——待估频谱价格

VB ——已知频谱价格

ω_1 ——待估频谱频段传播情况指数/已知频谱频段传播情况指数

ω_2 ——待估频谱带宽指数/已知频谱带宽指数

ω_3 ——待估频谱干扰共存指数/已知频谱干扰共

收稿日期:2019-07-30

存指数

ω_4 ——待估频谱产业链因素条件指数/已知频谱产业链因素条件指数

ω_5 ——待估频谱个别因素条件指数/已知频谱个别因素条件指数

Δ_1 ——待估频谱个别因素条件指数-已知频谱个别因素条件指数

Δ_2 ——待估频谱个别因素条件指数-已知频谱个别因素条件指数

以 f_0 和 f_1 2个频谱资源为例,其中 f_0 为比较实例频率资源, f_1 为待评估频率资源,式(1)中的每个参数的详细意义如下。

ω_1 主要反映频段自身高低的差异,体现在传播损耗上。频段越低,在相同成本下的覆盖效果越好,因此频段部分采用乘数系数,即在一定速率要求下的覆盖半径之比的平方。

$$\omega_1 = \frac{d(f_1)}{d(f_0)} \quad (2)$$

ω_2 表征该频谱资源的带宽。在网络部署成本不变时,带宽与业务量成正比关系。因此采用乘数系数,以MHz为基准价格。在目前各国的频谱拍卖底价设置中,带宽与底价成正比关系,即10 MHz带宽标的频段的底价是5 MHz带宽标的底价的2倍,单位带宽的底价相同,在实际拍卖过程中,结果也与此相似(目前各国的频谱拍卖多以5 MHz、10 MHz为标段单位,更大带宽的标段极少见)。 w MHz的标的带宽价格系数如下:

$$\omega_{2s}(w, f) = \begin{cases} 1 & 0 < w < \gamma_1 \\ \left\lfloor \frac{w}{\gamma_1} \right\rfloor \gamma_1 & \gamma_1 \leq w < \gamma_2 \\ (1 + \alpha) \gamma_2 + \left\lfloor \frac{w - \gamma_2}{\gamma_1} \right\rfloor \gamma_1 & \gamma_2 \leq w \leq \gamma_3 \\ (1 + \alpha) \left\lfloor \frac{\gamma_3}{\gamma_1} \right\rfloor \gamma_1 + \omega_2(w - \gamma_3) & w \geq \gamma_3 \end{cases} \quad (3)$$

式中:

γ_1 ——实现基本业务最小载波带宽

γ_2 ——实现常规业务的带宽

γ_3 ——发射机最大发射带宽

α ——在部署计划面积中,该比例的面积都需要有 γ_2 的带宽以实现常规业务。由于在单频段就能满足常规业务部署,不需要在其他频段上建设连续网

络,相同投入成本下的收入提升。 α 一般取(1-城区面积比例)。

$$\omega_2 = \frac{\omega_{2s}(w_1, f_1)}{\omega_{2s}(w_0, f_0)} \quad (4)$$

ω_3, Δ_1 :表征了该频段的干扰共存难度。这里指在某频段上为了与同频及邻频原有业务实现共存而采取隔离措施所导致的频谱价值的变化,主要包括以下2部分内容。

a) 为保护现有业务,对现有业务台站采取保护措施,这部分额外增加了建网成本。假设必须保护的现有业务台站个数为 M_1 ,每个台站的实施成本为 V_1 ;必须再额外增加器件的IMT基站数量为 M_2 ,每个基站增加的成本为 V_2 ,则加性系数为:

$$\Delta_{1s}(f) = -\frac{M_1(f) \times V_1(f) + M_2(f) \times V_2(f)}{W(f)} \quad (5)$$

那么,与比较实例频谱相比, $\Delta_1 = \Delta_{1s}(f_1) - \Delta_{1s}(f_0)$ 。

b) 为了保护现有业务采取的地域隔离,缩小了单频段的覆盖面积。假设必须隔离的现有业务台站的个数为 $N(f)$,每个台站的隔离距离为 $D(f)$,该频段的目标覆盖面积为 $S(f)$,则乘数系数为:

$$\omega_{3s} = 1 - \frac{\pi D(f)^2 \times N(f)}{S(f)} \quad (6)$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_{3s}(f_1)}{\omega_{3s}(f_0)} \quad (7)$$

ω_4 :表征该频率资源所处的产业链成熟度。网络侧设备的成熟度会直接影响建网成本,终端产业链的发展直接影响用户的发展。假设聚集在该频段有 $N_1(f)$ 个运营网络,运营商网络内或本国内支持该频段的渗透率达到 $n_1(f)$,前聚集在该频段的网络数为 $N_2(f)$,运营商网络内或本国内该频段终端的渗透率达到 $n_2(f)$,则网络和终端的因子分别为式(8)和式(9)。

$$\omega_{4.1} = \frac{\lg \left[\min(N_1(f_1), N_2(f_1)) \right] + 1}{\lg \left[\min(N_1(f_0), N_2(f_0)) \right] + 1} \quad (8)$$

$$\omega_{4.2} = \frac{\lg \left[\min(n_1(f_1), n_2(f_1)) \right] + 1}{\lg \left[\min(n_1(f_0), n_2(f_0)) \right] + 1} \quad (9)$$

2 频率资源价值评估实例

下面以900 MHz频段为基础频段对目前主要的IMT频率的相对价值进行评估,阐述本文提出的方法。

ω_1 :采用3GPP TS 38.901的信道模型进行计算,通常网络是上行受限,因此采用上行链路路损模型计算。其中,城中村900 MHz频段上的干扰假设有15 dB,900 MHz频段上的天线增益比1.8/2.1 GHz等中端频率低3 dB,900~2 600 MHz的穿透损耗差值为0,天线增益和发射功率无差值,以各场景下的NLOS模型进行计算,各频段之间的 ω_1 结果分别如表1、表2和表3所示。

表1 Uma-NLOS场景下的 ω_1

待估频谱/MHz \ 已知频谱/MHz	900	1 800	2 100	2 600
900	1	0.64	0.53	0.41
1 800	1.56	1	0.83	0.64
2 100	1.87	1.20	1	0.77
2 600	2.43	1.56	1.29	1

表2 Umi-NLOS场景下的 ω_1

待估频谱/MHz \ 已知频谱/MHz	900	1 800	2 100	2 600
900	1	0.70	0.60	0.48
1 800	1.43	1	0.85	0.69
2 100	1.67	1.17	1	0.80
2 600	2.08	1.46	1.24	1

表3 RMa-NLOS场景下的 ω_1

待估频谱/MHz \ 已知频谱/MHz	900	1 800	2 100	2 600
900	1	0.64	0.53	0.41
1 800	1.56	1	0.83	0.64
2 100	1.87	1.20	1	0.77
2 600	2.43	1.56	1.29	1

可见,在不同环境、不同信道模型下,各频段的 ω_1 取值不同。

综合考虑所有场景下: $\omega_1=(\text{城区干扰面积} \times \omega_1^{\text{Umi-NLOS}} + \text{城区无干扰面积} \times \omega_1^{\text{Umi-NLOS}} + \text{郊区面积} \times \omega_1^{\text{Uma-NLOS}} + \text{农村面积} \times \omega_1^{\text{RMa-NLOS}}) / \text{覆盖面积} = (8.1 \times 20\% \times \omega_1^{\text{Umi-NLOS}} + 8.1 \times 80\% \times \omega_1^{\text{Umi-NLOS}} + 27 \times \omega_1^{\text{Uma-NLOS}} + 641 \times \omega_1^{\text{RMa-NLOS}}) / (963 - 230 - 57)$

其中,城区(Umi)干扰面积假设是建成区的20%,城区(Umi)无干扰面积假设是建成区的80%,郊区(Uma)认为是所有适宜城镇化和工业化开发的面积-建成区面积,农村(RMa)面积为剩余的国土面积-第一阶梯面积(海拔高于4 000 m的地区,约为230万km²)-主要无人区面积^[3]。

建成区面积估计如下:从1990年到2000年,中国城市的建成区面积从1.22万km²增长到2.18万km²,增长78.3%;到2010年,这个数字达到4.05万km²,又增长5.5%。从倍数来讲,2010年是1990年的2倍以上^[3]。2015年达到5.16万km²^[4]。因此假设2020年的建成区总面积为2010年的2倍,即8.1万km²。

郊区面积估计如下:我国山地多、平原少,大概有60%是山地和高原。适宜工业化和城市化开发的面积是180万km²,这是请中科院一些专家做的评估结果,本文中将其记作为城区与郊区的总面积^[5]。

因此,根据上述估计,各频段 ω_1 的值如表4所示。

表4 各频段的 ω_1 值

待估频谱/MHz \ 已知频谱/MHz	900	1 800	2 100	2 600
900	1	0.65	0.55	0.42
1 800	1.54	1	0.83	0.64
2 100	1.86	1.20	1	0.77
2 600	2.40	1.56	1.29	1

ω_2 :当前,低频段(1 GHz以下)通常用于深度及广度覆盖,中频段(1~3 GHz)可以用于较大容量的连续覆盖,中高频段(3~6 GHz)适用于高容量的局部连续覆盖,毫米波频段用于热点地区的超大容量。因此对于不同业务、不同频段, γ_1 、 γ_2 、 γ_3 的取值不同,如表5所示。

表5 不同业务、不同频段 γ_1 、 γ_2 、 γ_3 的取值

频段/MHz	900			1 800			2 100	2 600
网络制式	GSM	NB	MBB	GSM	NB	MBB	MBB	MBB
γ_1 /MHz	2×1.8	2×0.2	2×5	2×1.8	2×0.2	2×5	2×5	10
γ_2 /MHz	2×2.2	2×0.2	2×20	2×1.8	2×0.2	2×20	2×20	20
γ_3 /MHz	2×20	2×0.2	2×20	2×20	2×0.2	2×40	2×40	100

对于不同带宽的频率资源,将带宽值和表5中的 γ_1 、 γ_2 、 γ_3 的取值代入式(3)和(4)计算即可。

ω_3 、 Δ_1 :国内在现有已分配的IMT频段中,没有需要考虑在该频段上对现有业务的保护,因此不考虑 ω_3 和 Δ_1 的计算。

ω_4 :表6为目前全球900 MHz、1 800 MHz、2 100 MHz和2 600 MHz频段上的4G网络数量和国内4G网络中支持以上频段的终端渗透率。根据表6,可以计算得到各频段的 $\omega_{4,1}$ 、 $\omega_{4,2}$ 分别如表7和表8所示。

最终,以已知频谱为基础,各频段上的不同带宽的频率资源的相对价值为 $\omega_1 \times \omega_2 \times \omega_{4,1} \times \omega_{4,2}$ 。

表6 全球内各频段的网络数量和终端渗透率

频段/MHz	900	1 800	2 100	2 600
4G网络数量	26	316	41	19
终端渗透率(国内4G网络)/%	37.3	100	95.3	86.3

表7 各频段的 $\omega_{4,1}$

待估频谱/MHz \ 已知频谱/MHz	900	1 800	2 100	2 600
900	1	1	1	0.99
1 800	1	1	1	1
2 100	1	1	1	1
2 600	1	1	1	1

表8 各频段的 $\omega_{4,2}$

待估频谱/MHz \ 已知频谱/MHz	900	1 800	2 100	2 600
900	1	0.785 854	0.794 156	0.811 829
1 800	1.272 5	1	1.010 564	1.033 052
2 100	1.259 198	0.989 546	1	1.022 253
2 600	1.231 787	0.968 005	0.978 231	1

3 总结

本文对影响频率资源价值的因素进行了详细的分析,提出了一种评估频谱价值的方法。同时量化了部分影响频率资源价值的因素,并给出了这些影响因素的计算示例,可供频率主管机构或用频单位参考使用。

在使用本文的评估方法时可以根据网络技术的发展 and 用频单位的用频需求与网络、业务的部署需求,采用不同公式或增减更改公式中的参数。此外,电磁环境、政策影响、使用年限、协调难度等均可以纳入其中。其中电磁环境的影响可以嵌入到 ω_1 中。

参考文献:

[1] 徐杰,郭小鹏,刘芳.基于市场比较法下的公司价值分析研究[J].科技与企业,2014(4):85-85.
[2] Spectrum Pricing, GSMA Public Policy Position[EB/OL].[2019-04-03]. https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2018/12/spectrum_pricing_positioning_2017.pdf.
[3] 陈赞.关于中国新型城镇化发展的元思考[J].中国发展,2013,13(5):80-84.
[4] 国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2015.
[5] 杨伟民:构建两横三纵的城镇化战略格局[EB/OL].[2019-04-03]. <http://news.cntv.cn/20120328/110121.shtml>.

[6] Economic aspects of spectrum management[EB/OL].[2019-04-03]. https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2012-3-2010-PDF-C.pdf.
[7] 宋起柱,王卫东.无线电频谱资源经济评估的研究[C]//全国无线电应用与管理学术会议,2008.
[8] 杨克俊.无线电频谱经济价值的研究[C]//全国电波传播学术讨论年会,2009.
[9] 闫晶晶,吕廷杰.无线电频谱经济价值评估体系研究[J].北京邮电大学学报(社会科学版),2011,13(4):51-56.
[10] 小易.从国家发展战略高度认识频谱资源价值[J].中国无线电,2015(8):13-14.
[11] 孙静.无线电频谱资源的经济价值与定价研究[D].北京:北京邮电大学,2011.
[12] 王慧英,吕廷杰,谢飞波,等.无线电频谱价值影响因素分析[J].北京邮电大学学报:社会科学版,2012,14(5).
[13] 刘忠英,赵杭生,乔晓强.频谱资源规划的影响因素和方法分析[J].中国无线电,2013(10):39-41.
[14] 沈建峰,李方圆.对无线电频谱资源及其管理的思考[J].产业与科技论坛,2015(18):126-128.
[15] 国家无线电监测中心政策研究室.无线电频谱资源的激励性拍卖模式初探[J].中国无线电,2013(1):36-37.
[16] 杨克俊.无线电频谱经济价值研究的进展[J].中国无线电,2005(8):11-14.
[17] 宋起柱.新一代无线技术频谱分配机制与应用[M].北京:电子工业出版社,2011.
[18] 蔡雯琦.无线电管理与经济发展相关性分析[J].世界电信,2017(1):72-78.
[19] 朱加荣,张振伟,吴兆根,等.频谱资源利用的评价指标体系[J].中国无线电,2015(1):21-22.
[20] 冯业文,韩保,何欢.以频谱使用评估为抓手,提高频谱资源管理能力[J].中国无线电,2018,277(9):36-38.
[21] 沈树章,朱璇.紧紧围绕信息社会与产业发展 大力加强国家无线电管理建设[J].中国无线电,2012(1):21-24.
[22] 易龙.无线电频谱资源价值再思考[J].中国无线电,2012(8):12-12.
[23] 沈建潮.“互联网+”时代的无线电频谱资源[J].上海信息化,2015(5):22-23.
[24] 张雯.无线电频谱资源在国家经济建设中发挥的作用与贡献[J].科技经济市场,2014(5):143-144.
[25] 王小戈.无线电频谱资源的价值特征及其计量方法研究[J].中国无线电,2012(5):14-17.

作者简介:

裴郁杉,毕业于北京邮电大学,高级工程师,博士,主要研究方向为移动通信频率规划、申请、干扰共存研究及等。

