

ITU-R P.842-3* 建议书修订草案

高频无线电通信系统可靠性和兼容性计算

(ITU-R 224/3 号研究课题)

(1992-1994-1999-2005)

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 无线电通信系统的可靠性规定为实现所需性能要求的概率；
- b) 可靠性是体现系统优点的一个指标；
- c) 兼容性是衡量一个无线电通信系统因受干扰因素引起的系统性能下降的指标；
- d) 预测可靠性和兼容性指标，对于选择更高性能的天线（必要时包括设计优化）、频率和必要的发射功率以便达到要求的系统性能是非常有价值的，

建议

下文将介绍的各种可靠性和兼容性的计算方法可用于无线电通信系统的规划和设计。

1 引言

本建议书论述的可靠性形成如图 1 所示的结构体系。从§2 到§5 和§9 给出了全可靠性分析，§6 给出了整体的可靠性分析，§7 给出了高频网络的可靠性分析，§8 给出了兼容性分析。§9 给出了数字调制系统基本电路可靠性（BCR）的计算。

附录 1 给出了不同类型可靠性专用定义。

2 基本可靠性计算的输入

BCR 的计算方法包括下列参数：月中值可用接收信号功率（见 ITU-R P.533 建议书）；大气噪声、人为噪声和银河噪声功率的月中值（见 ITU-R P.372 建议书）；偏离月中值信号功率和噪声功率的上、下十分值——长期（逐日）和短期（1 小时内）；所要求的信噪比（见 ITU-R F.339 建议书）

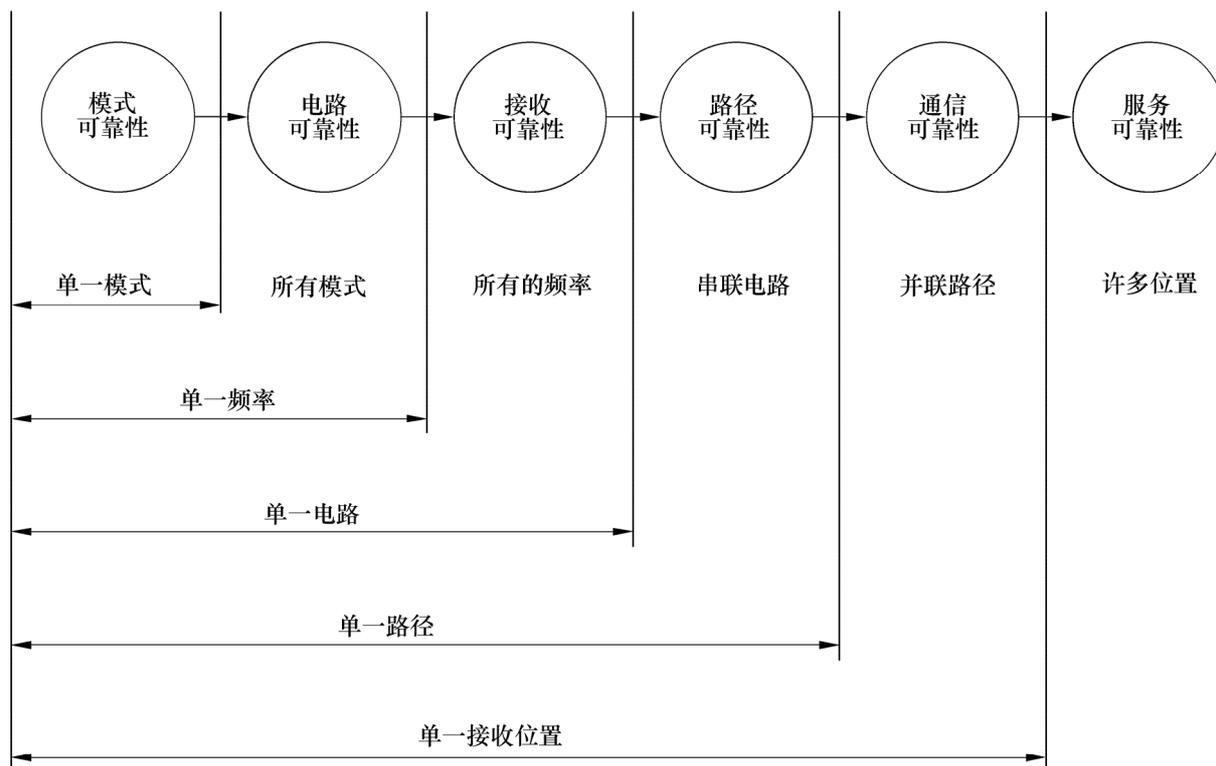
3 基本电路可靠性（BCR）的计算

BCR 可以按照表 1 给出的步骤进行评估，采用的信息见表 2。

该步骤包含下列中间计算过程：有用信号的中值可用接收功率中值（步骤 1），信噪比中值（步骤 2 和步骤 3），以及最终的信噪比上十分值（步骤 4 和步骤 6）和最终的信噪比下十分值（步骤 7 至步骤 9）。

* 国际电联无线电通信第 3 研究组 2000 年根据 ITU-R 第 44 号决议对本建议书进行了编辑性修正。

图 1
可靠性图



0842-01

所需要的信噪比（见步骤 10）由用户规定（ITU-R F.339 建议书列举了满足特殊性能的信噪比）。步骤 11 给出了 BCR 的统计分布评估方法。

4 基本接收可靠性（BRR）

$$\text{对于 } n \text{ 个频率, } BRR = 100 \left[1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{BCR(f_i)}{100} \right) \right] \quad \%$$

其中 $BCR(f_i)$ 是 BCR 在频率 f_i 点上的百分比。

对于单一操作频率，BRR 与 BCR 相同。

5 基本服务可靠性（BSR）

基本服务可靠性 BSR 的确定包括使用所需业务服务区内的测试点。基本服务可靠性 BSR 是由要求的测试点百分比所超出的 BRR 值。

表 1

BCR 的计算

步骤	参数	参数描述	参数值来源
1	S	有用信号的中值可用接收功率中值 (dBW)	预测方法 P_r (ITU-R P.533 建议书 §6 中)
2	$F_a A$ $F_a M$ $F_a G$	大气噪声的中值噪声因素中值 人为噪声的中值噪声因素中值 银河噪声的中值噪声因素中值	ITU-R P.372 建议书
3	S/N	带宽为 b (Hz) 时的中值最终信噪比 (dB)	$S - 10 \log_{10} \left[10^{\frac{F_a A}{10}} + 10^{\frac{F_a M}{10}} + 10^{\frac{F_a G}{10}} \right] - 10 \log_{10} b + 204$
4	$D_u S_d$ $D_u S_h$	信号偏差的上十分值 (逐日) (dB) 信号偏差的上十分值 (1 小时内) (dB)	采用适用于该路径的基本 MUF 的表 2 5
5	$D_l A$ $D_l M$ $D_l G$	大气噪声偏差的下十分值 (dB) 人为噪声偏差的下十分值 (dB) 银河噪声偏差的下十分值 (dB) :	ITU-R P.372 建议书 ITU-R P.372 建议书 2
6	$D_u SN$	最终信噪比偏差的上十分值 (dB)	$D_u S_d, D_u S_h$ 和 $10 \log_{10} \left[\frac{10^{\frac{F_a A}{10}} + 10^{\frac{F_a M}{10}} + 10^{\frac{F_a G}{10}}}{10^{\frac{F_a A - D_l A}{10}} + 10^{\frac{F_a M - D_l M}{10}} + 10^{\frac{F_a G - D_l G}{10}}} \right]$ 平方和的根

表 1 (续)

步骤	参数	参数描述	参数值来源
7	$D_l S_d$ $D_l S_h$	信号偏差的下十分值 (逐日) (dB) 信号偏差的下十分值 (1 小时内) (dB)	采用适用于该路径的基本 MUF 的表 2 8
8	$D_u A$ $D_u M$ $D_u G$	大气噪声偏差的上十分值 (dB) 人为噪声偏差的上十分值 (dB) 银河噪声偏差的上十分值 (dB)	ITU-R P.372 建议书 ITU-R P.372 建议书 2
9	$D_l SN$	最终信噪比偏差的下十分值 (dB)	$D_l S_d, D_l S_h$ 和 $10 \log_{10} \left[\frac{10^{\frac{F_a A + D_u A}{10}} + 10^{\frac{F_a M + D_u M}{10}} + 10^{\frac{F_a G + D_u G}{10}}}{10^{\frac{F_a A}{10}} + 10^{\frac{F_a M}{10}} + 10^{\frac{F_a G}{10}}} \right]$ 平方和的根
10	S/N_r	所需的信噪比 (dB)	用户定义
11	BCR	当 $S/N \geq S/N_r$ (%) 时的基本电路可靠性	$130 - 80 / (1 + (S/N - S/N_r) / D_l SN)$ 或 100, 取较小者
		当 $S/N < S/N_r$ (%) 时的基本电路可靠性	$80 / (1 + (S/N_r - S/N) / D_u SN) - 30$ 或 0, 取较大者

表 2

与有用信号和干扰信号的可用接收功率相对于其预测的月中值的偏差的下十分值 (**LD**)
和偏差的上十分值 (**UD**)
(来源于逐日变化)

地磁经度 ⁽¹⁾	<60°		≥60°	
	LD	UD	LD	UD
发射频率/预测的基本 MUF				
≤0.80	8	6	11	9
1.0	12	8	16	11
1.2	13	12	17	12
1.4	10	13	13	13
1.6	8	12	11	12
1.8	8	9	11	9
2.0	8	9	11	9
3.0	7	8	9	8
4.0	6	7	8	7
≥5.0	5	7	7	7

(1) 如果经过发射点和接收点, 而且处于控制点之间, 该控制点距该路径两端 1000 km 的大圆的一部分上的任意点达到地理纬度为 60°或更高, 那么应该采用 ≥60°的值。(见 ITU-R P.1239 建议书, 表 2)。

6 全电路、全接收和全服务可靠性的计算

全电路可靠性的计算类似于 BCR 的计算, 只是潜在干扰发射机的接收功率被累加并与有用信号进行比较从而计算 1 小时内和逐日的每小时信号/干扰比 (S/I) 中值分布。该中值分布采用了在特定性能要求的下的 1 小时内的信噪比中值来计算在有干扰存在情况下, 电路能可靠运行的时间占整个月时间的百分比情况。相对于基本电路 BCR 而言, 全电路可靠性的该百分比要相对较低。

采用与计算基本接收可靠性和基本服务可靠性的信噪比时相同的方法, 在计算全电路接收和服务可靠性时, 同样可以采用假设的每小时信噪比 (S/N) 中值分布 (见表 3)。步骤 3 所要求的射频保护比可在国际电联 ITU-R F.240 建议书得到关于对固定业务要求, 在国际电联 ITU-R F.560 建议书得到关于对广播业务要求。

7 高频网络的可靠性评估

在终端间有大量电路的通信网络中, 可采用路径和通信的可靠性 (见图 1)。

7.1 基本路径可靠性 (BPR)

对于多条电路, BPR 的最小的评估是在该路径上的所有电路的 BRR 的乘积, 即

$$BPR = 100 \left[1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{BRR_i}{100} \right) \right] \quad \%$$

其中 BRR_i 是第 i 条路径的 BRR, 最大的评估就是最小 BRR 值。

对于单条电路, BPR 等于 BRR。

表 3

OCR 的计算

步骤	参数	参数描述	参数值来源
1	S	有用信号的可用接收功率中值 (dBW)	预测方法 P_r (ITU-R P.533 建议书 § 6 中)
2	I_1, I_2, \dots, I_i	干扰信号的可用接收功率中值 (dBW)	预测方法 P_r (ITU-R P.533 建议书 § 6 中)
3	R_1, R_2, \dots, R_i	干扰信号的相对保护比 (dB)	用户定义
4	SI	最终信号—干扰比中值 (dB)	$S - 10 \log_{10} \left[10^{\frac{I_1+R_1}{10}} + 10^{\frac{I_2+R_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{I_i+R_i}{10}} \right]$
5	$D_u S_d$ $D_l I_{1d}$ $D_l I_{2d}$... $D_l I_{id}$	有用信号的上十分值偏差 干扰信号的下十分值偏差 (逐日) (dB)	采用适用于该路径的基本 MUF 的表 2
6	$D_u S_h$ $D_l I_{1h}$ $D_l I_{2h}$... $D_l I_{ih}$	有用信号的上十分值偏差 干扰信号的下十分值偏差 (1 小时内) (dB)	5 8
7	$D_u SI$	最终信号—干扰比的上十分值偏差 (dB)	和 $10 \log_{10} \left[\frac{D_u S_d, D_u S_h, \text{和} \left[\frac{10^{\frac{I_1+R_1}{10}} + 10^{\frac{I_2+R_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{I_i+R_i}{10}}}{10^{\frac{I_1+R_1-D_l I_{1d}}{10}} + 10^{\frac{I_2+R_2-D_l I_{2d}}{10}} + \dots + 10^{\frac{I_i+R_i-D_l I_{id}}{10}}} \right]}{10^{\frac{I_1+R_1-D_l I_{1h}}{10}} + 10^{\frac{I_2+R_2-D_l I_{2h}}{10}} + \dots + 10^{\frac{I_i+R_i-D_l I_{ih}}{10}}} \right]$ 平方和的根

表 3 (续)

步骤	参数	参数描述	参数值来源
8	$D_l S_d$ $D_u I_{1d}$ $D_u I_{2d}$... $D_u I_{id}$	有用信号的下十分值偏差 干扰信号的下十分值偏差 (逐日) (dB)	采用适用于该路径的基本 MUF 的表 2
9	$D_l S_h$ $D_u I_{1h}$ $D_u I_{2h}$... $D_u I_{ih}$	有用信号的下十分值偏差 干扰信号的上十分值偏差 (1 小时内) (dB)	8 5
10	$D_l SI$	最终信号—干扰比的下十分值偏差 (dB)	$D_l S_d, D_l S_h,$ $10 \log_{10} \left[\frac{10^{\frac{I_1+R_1+D_u I_{1d}}{10}} + 10^{\frac{I_2+R_2+D_u I_{2d}}{10}} + \dots + 10^{\frac{I_i+R_i+D_u I_{id}}{10}}}{10^{\frac{I_1+R_1}{10}} + 10^{\frac{I_2+R_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{I_i+R_i}{10}}} \right]$ 和 $10 \log_{10} \left[\frac{10^{\frac{I_1+R_1+D_u I_{1h}}{10}} + 10^{\frac{I_2+R_2+D_u I_{2h}}{10}} + \dots + 10^{\frac{I_i+R_i+D_u I_{ih}}{10}}}{10^{\frac{I_1+R_1}{10}} + 10^{\frac{I_2+R_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{I_i+R_i}{10}}} \right]$ 的平方和的根
11	S/I_r	需要的信号—干扰比 (dB)	用户定义
12	ICR	当 $S/I \geq S/I_r$ (%) 情况下, 仅有干扰 (无噪声) 时的电路可靠性	$130 - 80 / (1 + (S/I - S/I_r) / D_l SI)$ 或 100, 取较小者
		当 $S/I < S/I_r$ (%) 情况下, 仅有干扰 (无噪声) 时的电路可靠性	$80 / (1 + (S/I_r - S/I) / D_u SI) - 30$ 或 0, 取较大者
13	BCR	基本电路可靠性 (%)	表 1
14	OCR	全电路可靠性 (%)	(ICR, BCR) 中的最小值

7.2 基本通信可靠性 (R)

对于多路径传输, R 的最小的评估由最大路径可靠性得出, 最大的评估由下式给出:

$$R = 100 \left[1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{BPR_i}{100} \right) \right] \quad \%$$

其中 BPR_i 是路径 i 的基本路径可靠性。

对于单路径传输, R 与 BPR 相同。

8 兼容性计算

兼容性是衡量有用描述电路或服务系统受到在干扰存时系统性能下降情况的一个指标。在单独的点到点电路情况下, 电路兼容性 (CC) 定义为, 在接收端存在干扰时电路可以达到要求标准的服务质量的时间百分数(OCR)与仅有噪声存在情况下的电路可以达到服务质量的时间百分数(BCR)之比:

$$CC = 100 \frac{OCR}{BCR} \quad \%$$

它等于 OCR 与 BCR 之比;

如果所要的服务适用于一个区域而不是一个单独接收点, 那么兼容性的定义可以有两种方法:

- 时间服务兼容性 (TSC) 是指干扰存在时服务能够达到指定目标区域百分数 p_A 的时间百分数(OSR)与仅存在环境噪声时所能达到的时间百分数(BSR)之比:

$$TSC = 100 \frac{OSR(p_A)}{BSR(p_A)} \quad \%$$

它等于 OSR 与 BSR 之比;

- 区域服务业务兼容性 (ASC) 是指干扰存在时系统能在指定百分比时间 p_T 内提供服务的目标区域百分数 A_I 与仅存在环境噪声 A_N 时能够提供服务的目标区域的百分数 A_N 之比:

$$ASC = 100 \frac{A_I(p_T)}{A_N(p_T)} \quad \%$$

其中区域 A 可用一些满足所要求的条件的测试点数来表示。

9 数字调制系统的 BCR

对于数字调制系统, 临时可以采用简化的近似方法计算:

$$BCR(\%) = R_{SN} \cdot R_T \cdot R_F$$

其中:

R_{SN} : 要求的信噪比 SN_0 达到要求的概率,

R_T : 相对于峰值信号幅度-10 dB 电平上所要求的时间段 T_0 不被超过的概率,

R_F : 相对于峰值信号幅度-10 dB 电平上所要求的频率离散 f_0 不被超过的概率。

这些相对电平的适当值可按照所用调制方式的具体情况选取。

三项单独概率评估如下:

$$R_{SN}(\%) = 130 - 80/[1 + (SN_m - SN_0)/D_l] \text{ 或 } 100, \text{ 取较小者,} \quad \text{对于 } SN_m \geq SN_0$$

$$= 80/[1 + (SN_0 - SN_m)/D_u] - 30 \text{ 或 } 0, \text{ 取较大者,} \quad \text{对于 } SN_m < SN_0$$

$$R_T(\%) = 130 - 80/[1 + (T_0 - T_m)/D_{Tu}] \text{ 或 } 100, \text{ 取较小者,} \quad \text{对于 } T_m \leq T_0$$

$$= 80/[1 + (T_m - T_0)/D_{Tl}] - 30 \text{ 或 } 0, \text{ 取较大者,} \quad \text{对于 } T_m > T_0$$

$$R_F(\%) = 130 - 80/[1 + (F_0 - F_m)/D_{Fu}] \text{ 或 } 100, \text{ 取较小者,} \quad \text{对于 } F_m \leq F_0$$

$$= 80/[1 + (F_m - F_0)/D_{Fl}] - 30 \text{ 或 } 0, \text{ 取较大者,} \quad \text{对于 } F_m > F_0$$

SN_m , D_l , 和 D_u 分别代表 S/N 比的月中值、月中值偏差的上、下十分值。评估办法按照 § 3 中表 1 和表 2 给出的步骤进行。 T_m , D_{Tu} 和 D_{Tl} 分别表示相应的时间段参数, F_m , D_{Fu} 和 D_{Fl} 分别表示相对应的频率离散参数。

$D_{Tu} = D_{Tl} = 0.15 T_m$, $D_{Fu} = D_{Fl} = 0.10 F_m$, 传输距离为 $D(\text{km})$, 在基本 MUF 路径上, 传输使用频率 $f(\text{MHz})$ 等于 f_b 时, $T_m(\text{ms})$ 和 $F_m(\text{Hz})$ 可计算如下:

$$T_m = 2.5 \times 10^7 D^{-2} (1 - f/f_b)^2 \text{ 或者 } 7 - 0.00175D, \text{ 取较小者,} \quad \text{对于 } D \leq 2000 \text{ km}$$

$$= 4.27 \times 10^{-2} D^{0.65} \text{ 或 } 3.5, \quad \text{取较小者,} \quad \text{对于 } D > 2000 \text{ km}$$

$$F_m = 0.02 f T_m$$

附 录 1

本建议书给出以下定义:

1 HF 无线电系统的操作和设计术语

可靠性

达到指定性能的概率。

电路可靠性

使用单频时电路所能达到指定性能的概率。

接收可靠性

在考虑全部发射频率与相应的期望信号关联情况下, 电路所能达到指定性能的概率。

路径可靠性

在考虑所有发射频率的情况下, 一对终端通过由一个或多个临近电路组成的两个终端间的一个单独路径达到指定性能的概率。

通信可靠性

在考虑所有路径、所有频率和相应的信号的情况下, 一对终端, 达到指定性能的概率。

服务可靠性

在考虑全部发射频率的情况下, 在服务区内达到特定性能的概率。

地（或面）可靠性

在服务区内，基本接收可靠性高于所要求的特定值的测试点所占全部测试点的百分比。

注 1 — 以上术语中，电路是指一条从一个发射机到一个具有或不具有分集的接收点的传输链路。

注 2 — 以上术语前，当背景仅为噪声时会使用“基本”一词，当背景包含噪声和干扰时会使用“全部”一词。

注 3 — 当背景为噪声和干扰时，以上术语将会与来自同信道和相邻信道发射的一个或多个干扰的影响相联系。

注 4 — 对于许多应用，采用一个信号与背景信号的给定比值作为指定的性能是比较方便的。

注 5 — 以上术语（可靠性等）与一段或者多段时间有关，应指明。

注 6 — 对于广播业务应用，业务的可靠性术语可以用广播可靠性术语替代，并且可以对服务区内多个指定测试点数来计算。

2 预测技术术语

模式可靠性

单一电路在一个单一频率以单一模式达到指定性能的概率。

模式可用性

单一电路采用单一模式和单一频率仅通过电离层反射能进行传播的概率。

模式性能实现率

单一电路在单一频率采用单一模式达到指定性能的概率，只要该模式仅通过电离层反射就能进行传播。

注 1 — § 1 的注 4 和 5 适用。
