

ITU-R F.1821建议书

高级数字高频（HF）无线电通信系统的特性

（ITU-R第147/9号课题）

（2007年）

范围

本建议书规定两类新出现的高级数字HF系统——令牌传递协议和宽带调制解调器——共用研究所需的高级数字HF系统的典型射频（RF）特性。宽带调制解调器进一步分为多频道操作和数字无线电世界操作两种主要系统。本建议书附件中有关特性的表对共用研究所需的数值做出了总结。

首字母缩略语

DRM	世界数字广播
HFTP	高频令牌传递
HFWAN	高频广域网（WAN）
ISB	独立边带
LSB	下边带
NVIS	近纵向入射天波
OFDM	正交频分复用
PSK	相移键控
QAM	正交调幅
USB	上边带
WAN	广域网
WTRP	无限令牌环协议

ITU-R无线电通信全会，

考虑到

- a) 高级数字系统对高频频带的使用日益增多；
- b) 目前尚未制定此类高级系统的标准，各系统可能采用不同的技术和操作特性；
- c) 在低于约30 MHz频率操作的长距离电路多频道发射机的频道缺乏统一的安排和指定，造成一个发射站与若干接收站共同工作时可能产生某些困难的局面，

建议

1 附件1所述的高级数字HF系统的技术和操作特性应被视为适用于共用研究的、30 MHz频带以下HF系统的具有代表性的特性。

附件1

1 引言

高频系统所具有的特性非常适合满足诸多无线电通信的要求，此类系统可为广大用户提供种类繁多的无线电通信手段，且易于运送到边远或人口高度密集地区。目前存在两种具有示范性的高级数字高频系统，本建议书对这两类系统的特性加以规范。

在本建议书中，频谱效率被定义为包含两项内容的目标，第一是实现最大的吞吐量（比特/赫兹/秒），第二是实现每净频率的最大用户数量。这些目标能够使固定通信最大限度地发挥其性能并完成其使命。

2 令牌传递协议

强健的令牌管理机制有益于高频网络数据频道的共享（由于无法预测的传播变化，这些网络的数据包丢失率可能达到极端的程度）。如果无法与节点联系，网络性能会严重劣化，导致数据速率下降。传播扰动可能降低高频网络的频谱使用效率。

令牌传递可在重负载网络中提供高效媒介接入控制，但是人们认为该机制过于脆弱，不适合于无法忽略的数据包丢失率的网络。本建议书介绍的令牌管理方式能够迅速实现常见令牌丢失的恢复和复制，并有效处理网络连接和成员的变化情况。

通常而言，令牌传递协议提供节点进入和离开网络的机制，令牌传递用于广域网（WAN）时，无线媒介的特性造成了更多的令牌管理问题：

- 持有令牌的节点可能失去与其继任者的连接，导致令牌的丢失。
- 持有令牌的节点可能失去与网络其它部分的连接，因而网络失去令牌。
- 网络可能被分割，子网络必须生成新的令牌。
- 只有另一个节点可以与节点联系，因此如果将该节点囊括进来则无法形成环路拓扑。

- 来自两个或更多环路的、使用相同频道的节点可能相互碰撞，如果环路不进行合并或改变频道，则出现干扰。
- 环路合并或丢失令牌的恢复可能导致环路中出现多个令牌。

连接问题的恢复方式将并不属于运行中的令牌传递环路的节点置于断开连接或浮动状态（等待参加剩余环路的邀请，或定期邀请其它得到连接的节点加入进来）。

半帧（fielded）高频广域网技术固有的长距离链路往返性质导致令牌每分钟轮回一次。例如，如果链路往返时间为2秒钟，且允许 N 个节点的每一节点在接收令牌时最多可以传送8秒钟，在令牌轮回时间（延时）不超过 $10N$ 秒时，吞吐效率最高为80%。

如果我们将请求参加环路的次数限制为每令牌轮回一次，并由各节点轮流行使请求权，则在 N 个令牌轮回中，每一个节点都将请求一次。

如果环路中有十个节点，使用（并非面向高频的）无线令牌协议（WTRP）可以将未连接的节点排斥在网络之外（如果对于最终的SOLICIT_SUCCESSOR没有相互冲突的答复，则可持续约10分钟），对于固定和移动业务的动态网络而言，这种操作方式缺乏吸引力。

WTRP从两个相互冲突的环路的未连接剩余环路进行新环路改造的时间至少要这样长：小的环路可以很快形成，但是剩余节点会出现沉默，等待得到加入环路的邀请。

HFTP的恢复时间具有更大的吸引力。如果出现链路丢失，HF要求有 N 个时隙（其长度等于一个数据包加一个往返时间）来确定一个接力，因此，在每一个令牌轮回中，需要增加一个数据包时间和一个往返时间。如果网络有十个节点，在确定接力时，暂停时间低于30秒，使令牌轮回时间延长了2%多一点。

如果出现相互冲突的环路，HFTP网络在一个节点发起环路合并前会经历数据包的冲突，而WTRP一旦发现不熟悉的环路则会立刻出现沉默。然而，一旦收悉MERGE_RINGS请求，正在合并的环路在 $(N+1)$ 数据包+往返时间（即，在SET_SUCCESSOR和DOUBLE_TIME_TOKEN令牌快速轮回之后）后，将重新进行正常的传送，在有十个节点的网络中，这一时间低于30秒。

3 宽带调制解调器

3.1 多频道方式

3.1.1 独立单边带（ISB）操作

有些调制解调器同时在多个单边带中传送数据，这些调制解调器的每一个音频频道均含有独立的PSK/QAM调制机制（有关调制的信息，请参见ITU-R F.763-5建议书附件6），但采用一个前向纠错编码器（其输出比特流分布在单个频道上进行传送）。当这些频道使用邻接频率时，频道的信噪比往往相似，尽管频道误码不会完全相互关联，因此使用接收分集可以改善其输出。

3.1.2 非邻接频道中的操作

如果没有足够的邻接频道支持数据要求，则有必要在非邻接频道中进行操作。在这种情况下，频道的信噪比会发生很大变化，不能实现一个编码的比特流在一套频道上的最优分布，相反，为每一套频道产生单独的编码比特流，每套频道都有单独的流向控制，从而实现所用频率的接近最大限度的总体数据吞吐量。

3.1.2.1 单频道高频设备

一个标称3 kHz USB或LSB（可以选择）。

3.1.2.2 多频道高频设备

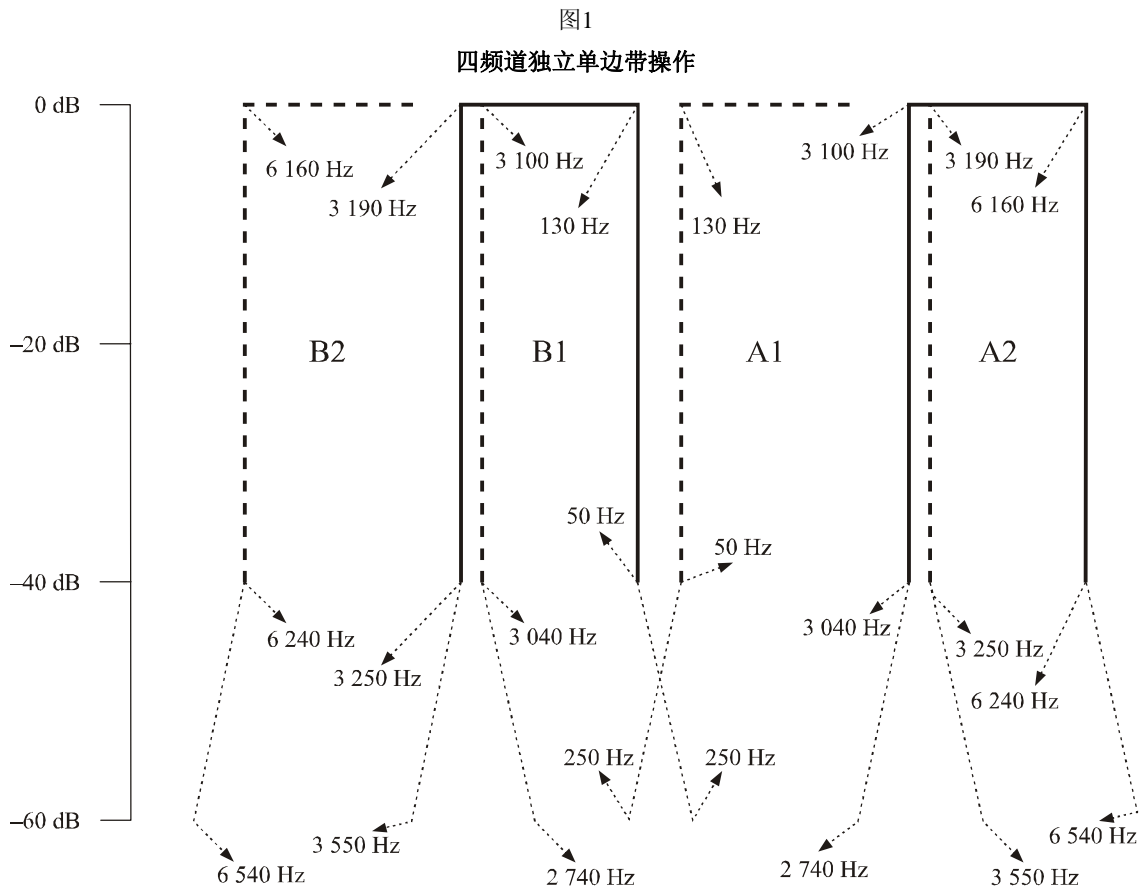
可以按照下列方式进行多频道安排：

- USB或LSB中两个标称的3 kHz频道（相同单边带中两个独立的频道—可以选择单边带）。
- USB或LSB中一个标称的6 kHz频道（可以选择）。
- USB中两个标称的3 kHz频道，LSB中两个（四个独立的3 kHz频道—每一单边带两个）。
- USB中一个标称的6 kHz频道，LSB中一个（两个独立的6 kHz频道—每单边带一个）。
- USB或LSB中一个标称的12 kHz频道（可以选择）。
- USB中一个标称的3 kHz频道，LSB中一个（两个独立的3 kHz频道—每单边带一个）。

如果需要四个频道的独立单边带操作，则应按照图1配置四个单独的3 kHz频道（该图亦显示这四个频道的幅度响应）。应按照该图根据频道A1和B1对频道A2和B2进行倒置和置换。可以通过采用中心载频上下6 290 Hz的次载频或其它能够产生所需频道置换和倒置的合适技术来实现这一目标。

如图1所示，任何次载频的抑制都应至少低于将发射机调制到封包功率25%的A2或B2频道单一音频电平的40 dB。每个ISB频道与频率响应相对应的射频幅充在250 Hz至3 100 Hz之间为2 dB之内（被参引至每一个频道载频（实际或虚拟））。频道衰减由每一个频道载频参引得出，因此在50至3 250 Hz之间应至少为40 dB，在250至3 550 Hz之间应至少为60 dB。

在370 Hz至750 Hz和3 000 Hz至3 100 Hz范围内，群时延失真不应超过1 500 μ s，在750 Hz至3 000 Hz范围内不应超过1 000 μ s，在570 Hz至3 000 Hz范围内的每一增加的100 Hz频率内，不应超过150 μ s。在300 Hz至3 050 Hz范围内，绝对时延不应超过10 ms。测量时无线电设备配置为背对背的形式，因此测量为端到端的测量（发射音频输入至接收音频输出）。



注1 – 图1所示的频率为滤波dB的断点频率。

1821-01

3.2 世界数字广播 (DRM)

已经对DRM系统（见ITU-R BS.1514-1建议书）进行了固定和移动使用方面的实验性演示试验。

DRM为窄带正交编码数字数据传输系统，能够按照业务要求和无线电传播因素量身打造其传输特性。为了传输信息内容，每一个不同的次载频均使用正交调幅（QAM）进行调制（带有前向纠错代码元素）。主要使用64-QAM和16-QAM两种QAM调制方式，此外，还提供正交相移键控（QPSK）调制方式，以实现更高的信令强健性。在次载频上还及时对数据进行间插，以对抗时间和频率选择性衰落。欧洲电信标准协会在其“数据应用目录”中公布了DRM方案，可以通过<http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>进行查阅（在该网页的搜索功能下，输入“数据应用目录”）。

3.3 特性

表1

高级数字高频无线电通信系统的特性

参数	传播模式		
	地波	天波	
		NVIS	斜入射
频带 (MHz)	2-10	2-10	3-30
大约服务区	80公里以下	80-200公里	大于200公里
天线极化	纵向	横向	纵/横向
发射天线增益 (dBi)	1-3	1-6	6-15
最大e.i.r.p. (dBW)	1-29	10-32	16-55
S/N (dB) ¹	SSB 17 DRM 18	SSB 25 DRM 26	SSB 26 DRM 26
必要带宽和发射类别 ²	SSB/ISB: 3、6、9和12 kHz 3K00J2D、6K00J2D、9K00J2D和12K0J2D		
	DRM: 3、4.5、5、9、10和20 kHz 3K00J2D、4K50J2D、5K00J2D、9K0J2D、10K0J2D、20K0J2D		

注 1 – 可以通过ITU-R F.339建议书了解有关所需信噪比 (S/N) 的更多详细信息。

注 2 – 在发射类别中, 最后一个字母 (D) 系指数据发射, 如果发射为非数据 (D) 发射, 则分别替换为 (E) (语音)、(C) (传真)、(W) 混合或 (X) (并未以其它方式涵盖的情况)。

4 结论

高频无线电提供超越视距的无线电通信, 其应用范围包括了从小区域的扩展视距到支持商用航空和水上救险及电子邮件信息的全球性覆盖等。使用搬运方便的高频系统的长距离链路可以为地面基础设施可能被严重破坏或损毁的灾区提供快速通信手段。

尽管这些系统具有超越视距的通信能力, 但是传播的变化以及其它环境影响有时可能造成某些高频链路的中断, 而其它一些链路却完好无损, 因此, 如果能够支持间接路由则可以增强高频网络的可靠性。高频网络中的大多数路径通常只需要一个单一的链路, 但是在需要多个路由选择 (以保持服务质量) 的情况下, 一个单一的接力路由机制将十分有益。

当多个高频节点希望通过共用一个频道来有效进行一对多和一对一通信时, 需要采用频道接入协议, 其中一种方式是使用令牌传递协议。高频频道的窄带、高时延和高 (数据) 丢失特性对这类协议提出了极为严格的要求。

当数据传输要求超过了标称的3 kHz频率划分所能满足的速率时，可以采用将数据传输分布在多个此类频道上的机制。可利用宽带调制解调器大大提高网络的数据吞吐量。独立单边带操作能够支持多频道操作，从而在保持频谱效率的同时，增加带宽。
