

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R M.2010-1建议书**  
(01/2019)

**用于500 kHz频段广播水上安全  
和海岸至船舶方向安全信息  
的导航数据数字系统的特性**

**M系列**  
**移动、无线电测定、业余  
和相关卫星业务**



国际电信联盟

## 前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

## 知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/zh>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

## ITU-R系列建议书

（也可在线查询：<http://www.itu.int/publ/R-REC/zh>）

系列	标题
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	广播业务（电视）
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	<b>移动、无线电测定、业余和相关卫星业务</b>
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	遥感系统
<b>S</b>	卫星固定业务
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	频谱管理
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	词汇和相关问题

说明：该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版  
2019年，日内瓦

©国际电联 2019

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

## ITU-R M.2010-1建议书

用于500 kHz频段广播水上安全和  
海岸至船舶方向安全信息的导航数据数字系统的特性

(2012-2019年)

## 范围

本建议书描述了一种名为导航数据（NAVDAT）的中频（MF）无线电系统，用于海上移动业务，用于在500 kHz频段运行，数字广播水上安全和海岸至船舶方向安全信息。该无线电系统的运作特点和系统结构载于附件1和2。技术特点和传输结构详见附件3和附件4。附件5和附件6介绍了消息文件结构和广播模式。

## 关键词

500 kHz、广播、NAVDAT

## 缩略语/术语

CDU	控制和显示单元
CRC	循环冗余校验
DRM	世界数字广播联盟
DS	数据流
GF	伽罗瓦域和有限域
GNSS	全球导航卫星系统
IMO	国际海事组织
LDPC	低密度奇偶校验
MER	调制误码率
MIS	调制信息流
NAVDAT	导航数据（系统名称）
NAVTEX	导航电传（系统名称）
OFDM	正交频分复用
PRBS	伪随机二进制序列
QAM	正交振幅调制
RS	所罗门码
SFN	单频网络
SIM	系统信息和管理
TIS	发射机信息流

### 国际电联的相关建议书、报告

ITU-R BS.1514建议书 – 30 MHz以下广播频段的数字声音广播系统

ITU-R M.493建议书 – 用于海上移动业务的数字选择呼叫系统

ITU-R M.585建议书 – 水上移动业务标识的指配和使用

ITU-R P.368建议书 – 频率在10 kHz和30 MHz间的地波传播曲线

ITU-R P.372建议书 – 无线电噪声

ITU-R M.2201报告 – 水上移动业务将495-505 kHz频段用于数字广播海岸至船舶方向安全信息

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 海岸至船舶方向高速数据广播可提高操作效率和水上安全；
- b) 现有导航电传NAVTEX系统容量有限；
- c) 国际海事组织（IMO）的电子导航系统增加了对海岸至船舶方向的数据传输需求；
- d) 500 kHz频段为数字系统提供了良好的地理覆盖，

认识到

附件6参引的世界数字广播联盟（DRM）系统已被纳入ITU-R BS.1514建议书，

注意到

ITU-R M.2201报告构成了NAVDA系统的基础，

建议

- 1 广播水上安全和安全信息的操作特性应遵循附件1的规定；
- 2 水上安全和安全信息广播系统的系统架构应遵循附件2的规定；
- 3 500 kHz频段海岸至船舶方向数字数据传输的技术特性和调制解调器协议应遵循附件3和4的规定；
- 4 系统的数据流和消息结构应符合附件5的规定。

## 附件1

### 操作特性

NAVDAT系统使用与NAVTEX系统类似的，可通过IMO以同样方式协调的时隙划分。

NAVDAT系统亦可使用附件6所述单频网络（SFN）工作。在此情况下，发射机的频率同步且所有发射机的发射数据必须相同。

NAVDAT 500 kHz数字系统提供了海岸至船舶方向各类消息的广播传输，并可加密。

#### 1 消息和文件的类型

所有广播消息均应由安全受控的来源提供。

消息类型广播可包括，但不限于以下种类：

- 导航安全；
- 安全性；
- 海上挟持；
- 搜救；
- 气象消息；
- 导航或港口消息；
- 船舶交通系统文件传输；
- 电子海图更新软件包。

#### 2 广播模式

##### 2.1 一般广播

这些消息的广播是为引起所有船舶的注意。

##### 2.2 选择性广播

这些消息的广播是为引起一组船舶<sup>1</sup>或特定航区的船舶<sup>2</sup>的注意。

##### 2.3 特定消息

这些消息使用水上移动业务标识，向某一船舶发送。

#### 3 广播优先权

NAVDAT能够按照国际海事组织《国际安全网手册》规定的顺序广播遇险、紧急和安全的消息。

---

<sup>1</sup> 船舶电台的群呼识别格式定义于ITU-R M.585建议书附件1的第1部分。

<sup>2</sup> 地理坐标的定义参见ITU-R M.493建议书附件1的第5.3小节。

## 附件2

### 系统构架

#### 1 广播链

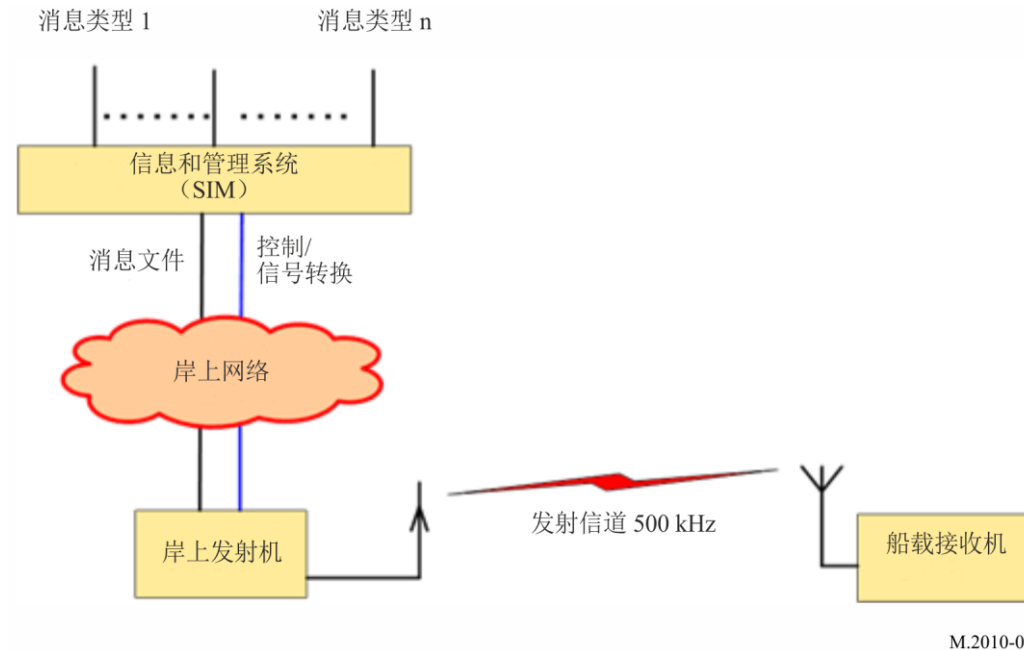
NAVDAT系统由五种矢量构成，执行以下功能：

- 信息和管理系统（SIM）：
  - 收集并控制各类信息；
  - 创建需传输的消息文件；
  - 根据文件的优先级和重复需求创建发射程序；
  - 监测岸上发射机的运行状况和广播质量；
  - 控制岸上发射机的工作参数；
- 岸上网络：
  - 确保从信源到发射机的消息文件传输，并监测从信源到发射机的数据。
- 岸上发射机：
  - 接收来自SIM的消息文件；
  - 将消息文件转换为正交频分复用（OFDM）信号；
  - 为向船舶广播，将RF信号发送至天线；
  - 监测运行状态并向SIM报告。
- 发射信道：
  - 发送500 kHz射频信号。
- 船载接收机：
  - 解调射频OFDM信号；
  - 重建消息文件；
  - 根据消息文件的应用分类，并将消息文件提供给专用设备，或显示消息文件的内容。

图1展示了广播链模块图。

图1

NAVDAT 500 kHz广播链模块图



## 1.1 信息和管理系统

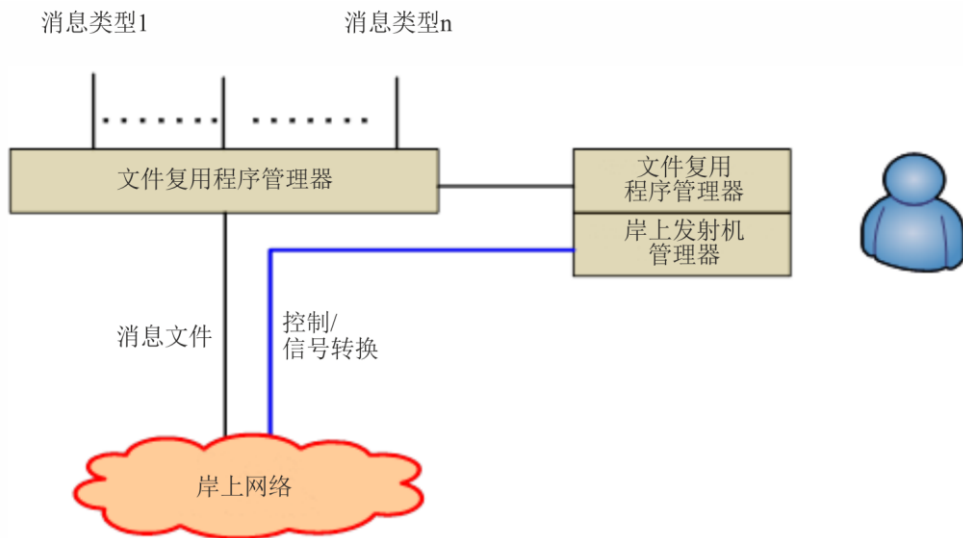
SIM的范围包括：

- 传输文件消息的所有来源（例如，气象局、安保组织等）；
- 在服务器上运行的一种重要应用，文件复用程序；
- 文件复用程序管理器；
- 岸上发射机管理器。

所有来源均通过网络与文件复用程序相连。

图2展示了SIM的总体布局。

图2  
NAVDAT信息和管理系统模块图



M.2010-02

### 1.1.1 文件复用程序

文件复用程序：

- 交付从数据源得到的消息文件；
- 如有要求，加密消息文件；
- 使用接收方信息、优先级状态和时间有效性格式化文件消息；
- 将消息文件发送至发射机。

### 1.1.2 文件复用程序管理器

文件复用程序管理器是一种人机接口，支持用户执行包括以下任务在内的多项任务：

- 察看来自所有信源的消息文件；
- 规范所有消息文件的优先级和持续时间；
- 规范所有消息文件的接收方；
- 管理文件消息加密。

上述有些功能可能实现自动化。例如，消息文件的优先级和持续时间可根据其信源选择，或信源可在消息中指定优先级。

### 1.1.3 岸上发射机管理器

岸上电台管理器是一种通过网络与发射机相连的人机接口；可通过以下指示，监视发射机的状态：

- 发射确认；
- 告警；
- 有效发射功率；
- 同步报告；
- 传输质量



并变更发射机的参数，例如：

- 发射功率；
- OFDM参数（导频副载波、调制、误码编码等）；
- 发射计划。

## 1.2 岸上网络

岸上网络可使用宽带链路、低数据链路或本地文件共享。

## 1.3 岸上发射机的说明

海岸发射电台包含以下最低配置：

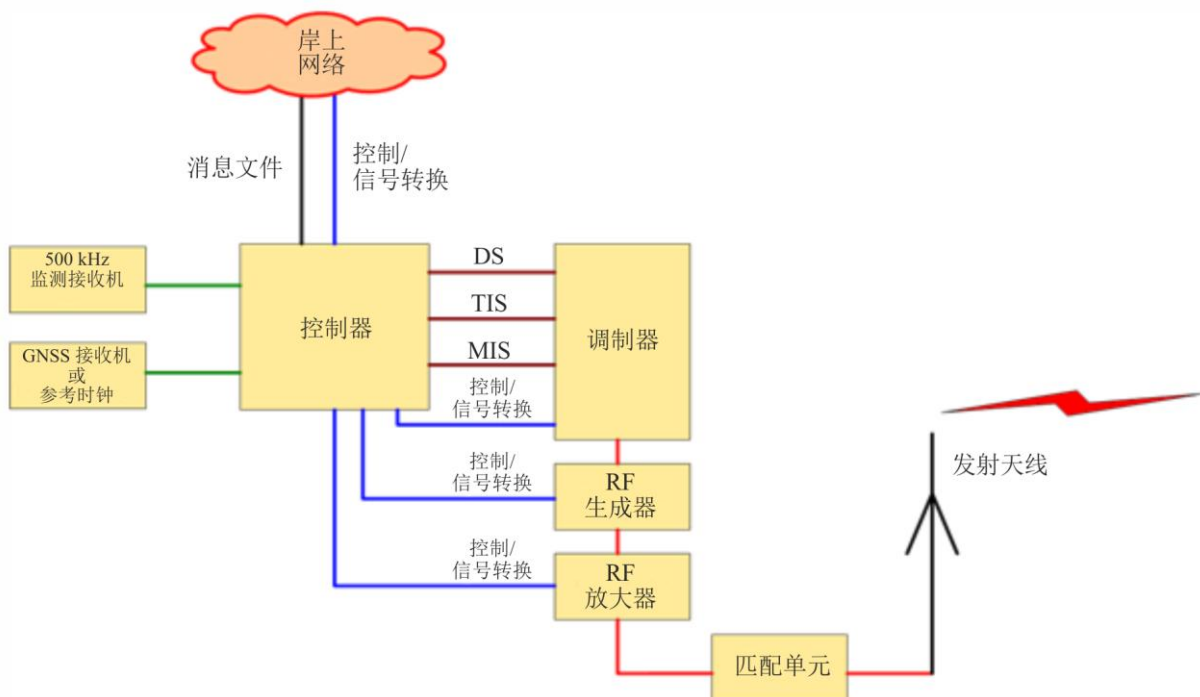
- 控制器，它是一个具有访问保护的本地服务器；
- OFDM调制器；
- 射频生成器；
- 射频功率放大器；
- 有匹配单元的发射天线；
- 全球导航卫星系统（GNSS）接收机或用于同步的原子钟；
- 有天线的监测接收机。

### 1.3.1 岸上系统构架

图3展示了500 kHz数字发射机的模块图。

图3

NAVDAT 500 kHz发射机的功能模块图



### 1.3.2 控制器

此单元接收到部分信息：

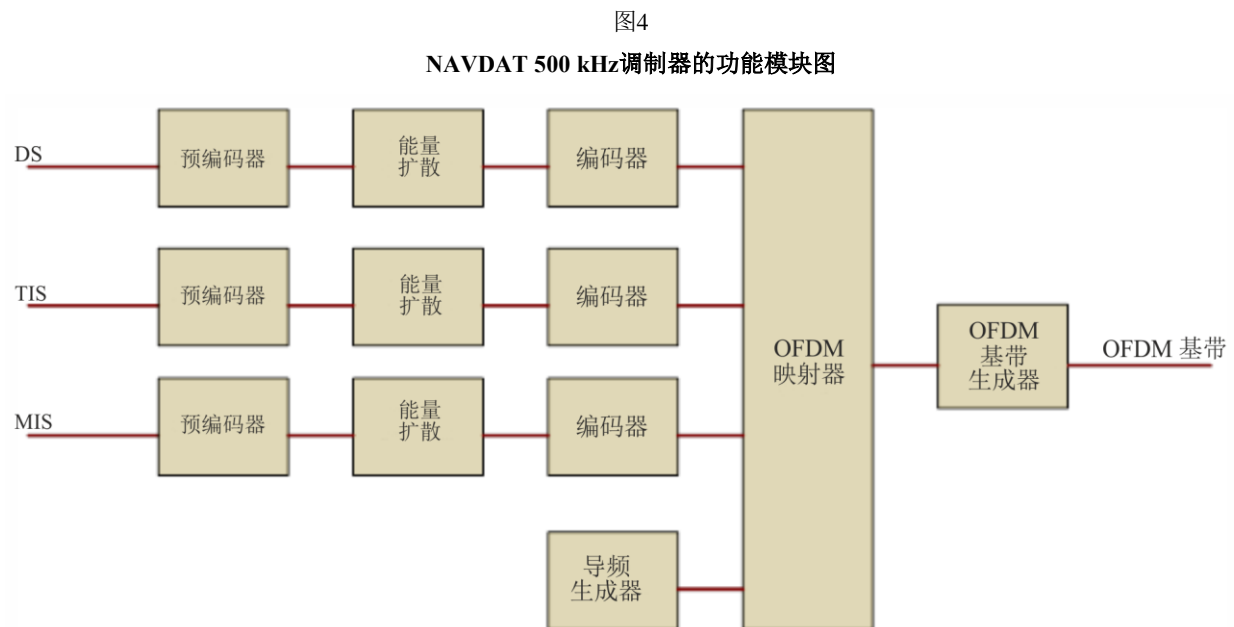
- 来自SIM的消息文件；
- GNSS或同步参考时钟；
- 来自监测接收机的500 kHz信号；
- 调制器，500 kHz信号射频生成器，射频功率放大器控制信号和监测。

控制器的功能为：

- 在传输前检查频段495-505 kHz是否空闲；
- 将海岸电台所有信号与同步时钟信号同步；
- 控制传输参数、时间和计划；
- 格式化需要发送的消息文件（将文件分割为分组数据包）。

### 1.3.3 调制器

图4展示了调制器的模块图。



M.2010-04

#### 1.3.3.1 输入流

为进行操作，调制器需要三个输入流：

- 调制信息流（MIS）；
- 发射机信息流（TIS）；
- 数据流（DS）。

这些流在实施转码后通过单元映射器放置于OFDM信号内。

##### 1.3.3.1.1 调制信息流

此流用于提供如下信息：

- 频谱占用；
- 发射信息流和数据流调制（4、16或64-QAM）。

该MIS流总是使用4-QAM副载波编码，从而很好地在输入接收机前解调。

### 1.3.3.1.2 发射机信息流

此流用于向接收机提供如下信息：

- 数据流误码编码（应有别于白天的表面波传播及夜间的表面+天波传播）；
- 发射机的标识符；
- 日期和时间。

该TIS流可使用4或16-QAM编码。

### 1.3.3.1.3 数据流

此流包括要发送的消息文件（这些消息文件此前通过文件复用程序格式化）。

### 1.3.3.2 误码编码

误码校正方案决定了编码的稳健性，编码速率是有用数据速率和原始数据速率的比率。它说明了传输效率，并且可以在0.5到0.75之间变化，取决于误码校正方案和调制模式。

### 1.3.3.3 正交频分复用的生成

三个流（MIS、TIS和DS）实施格式化：

- 编码；
- 能量扩散。

单元映射器用格式化后的流和导频单元来组织OFDM信元。导频单元被发射给接收机，用于评估无线电信道并同步RF信号。

OFDM信号生成器根据单元映射器的输出创建了OFDM基带。

### 1.3.4 500 kHz射频生成器

500 kHz射频生成器调整了发往500 kHz射频输出载波的基带信号。

放大器将射频信号提升至所需功率。

### 1.3.5 射频放大器

此阶段的功能是将生成器输出的500 kHz信号放大至必要水平，以获得所需的无线电覆盖。

OFDM发射引入了射频信号的波峰因数。为确保校正调制误码率（MER）正确，此波峰因数在射频放大器输出端必须在7至10 dB的范围之内。

### 1.3.6 装有匹配单元的发射天线

射频放大器通过阻抗匹配单元与发射天线相连。

### 1.3.7 全球导航卫星系统接收机和备份原子参考时钟

此时钟用于同步本地控制器并在SFN模式下配置高精度参考时钟。

### 1.3.8 监测接收机

监视接收机在传输前检查频段495-505 kHz是否空闲，并提供检查传输的可能性。推荐一种用于监测本地信号接收质量的远程监测接收机。

### 1.4 发射信道：无线电覆盖估测

覆盖范围可根据ITU-R P.368和ITU-R P.372建议书的最新版本计算。示例请参见ITU-R M.2201报告。

## 附件3

### NAVDAT的技术特性

#### 1 调制的原则

该系统使用OFDM，即一种用于数字传输的调制技术。

##### 1.1 引言

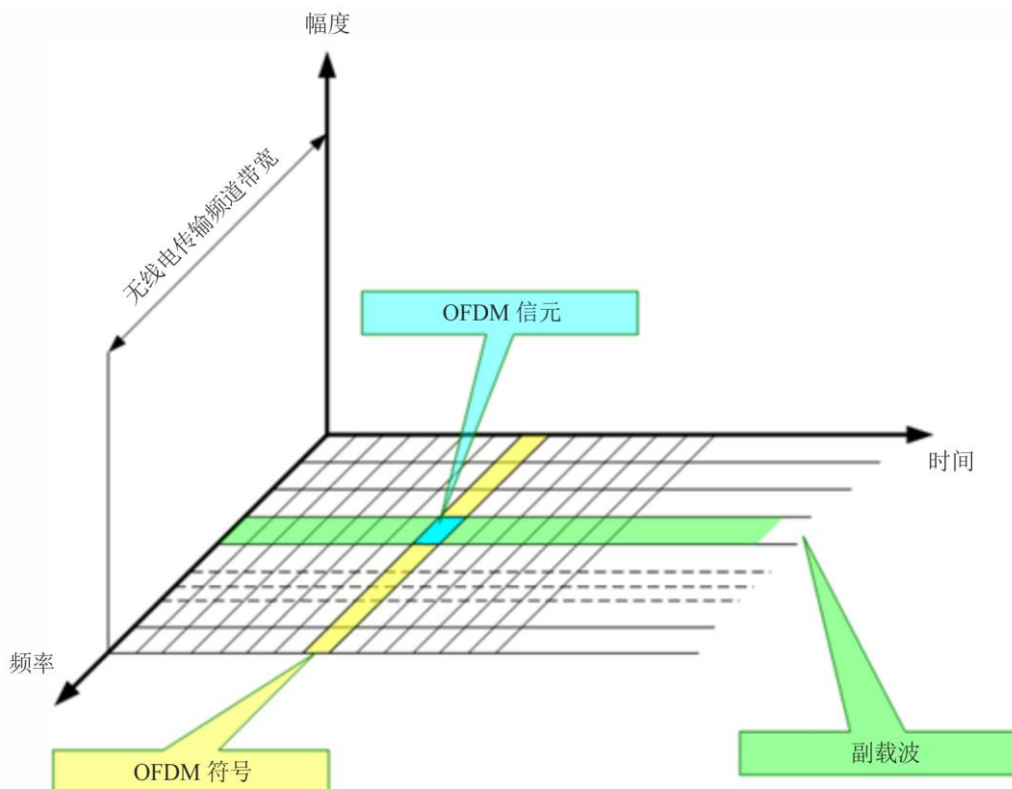
在频域将无线电传输信道的带宽分割成副载波。

无线电传输信道的占用，是按照形成OFDM符号的时间排列的。

一个OFDM信元等效于OFDM符号中的副载波。

图5

OFDM复用介绍



1.2 原理

OFDM利用大量间隔密集的（41.66 Hz）正交副载波获得高频谱效率，以发送数据。这些副载波是按频率间隔分开来的（ $F_u = 1/T_u$ ），其中 $T_u$ 是OFDM符号的持续时间。

副载波的相位相互正交，以便在多径情况下加强信号分集，特别是在长距离的情况下。

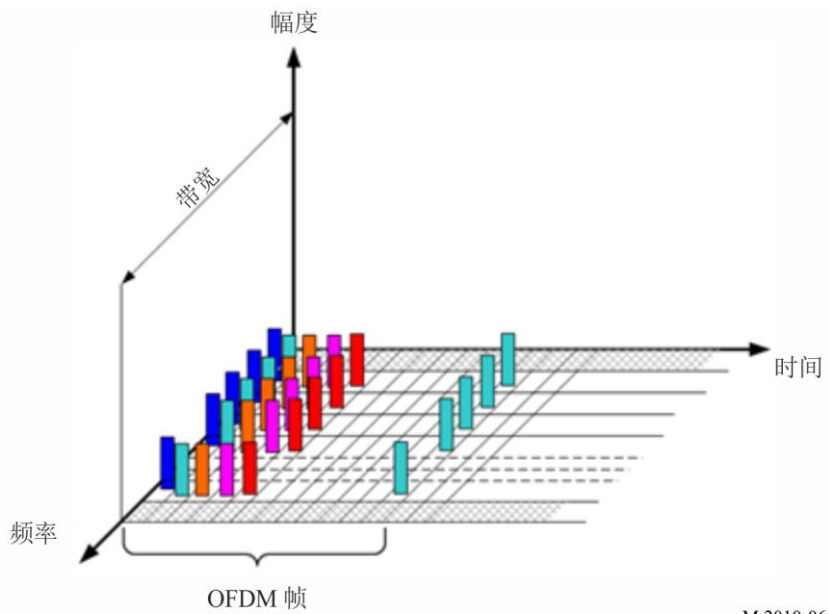
将一种保护间隔（ $T_d$ ）插入OFDM符号中以减轻多径效应，这样就会减少符号间的干扰。

OFDM的符号间隔是 $T_s = T_u + T_d$

然后将OFDM符号串接起来构成OFDM帧。

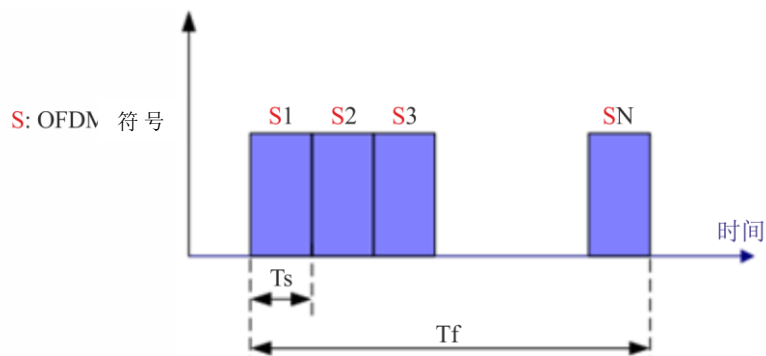
OFDM帧的持续时间是 $T_f$ 。

图6  
OFDM帧的谱表示



M.2010-06

图7  
OFDM帧的时域表示



M.2010-07

### 1.3 正交频分复用参数

表1列出了OFDM参数值。

表1

正交频分复用参数值

$T_u$	$1/T_u$	$T_d$	$T_s=T_u+T_d$	$N_s$	$T_f$
24 ms	$41^{2/3}$ Hz	2.66 ms	26.66 ms	15	400 ms

$T_u$ : OFDM符号有用部分的持续时间

$1/T_u$ : 载波间距

$T_d$ : 保护间隔的持续时间

$T_s$ : OFDM符号的持续时间

$N_s$ : 每帧的符号数

$T_f$ : 传输帧的持续时间

### 1.4 信道带宽

NAVDAT数字广播定义不同的信道带宽，并确定对应于不同频谱占用率的副载波数目。表2列出了信道带宽值和副载波数。

表2

信道带宽与正交频分复用副载波数的关系

	频谱占用率			
	1	2	3	4
信道带宽 (kHz)	1	3	5	10
副载波数	23	69	115	229
副载波数k	k = -11至11	k = -34至34	k = -57至57	k = -114至114

### 1.5 调制

对每个副载波进行幅度和相位的调制 (QAM: 正交调幅)。

调制方式可能是64态 (6比特、64-QAM)、16态 (4比特、16-QAM) 或4态 (2比特、4-QAM)。

调制模式取决于所需的信号鲁棒性。

图8

4-QAM星座图

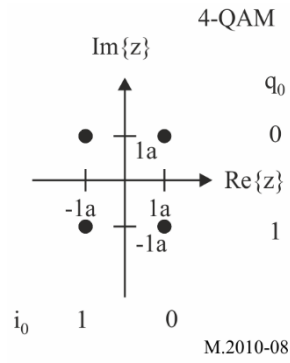


图9

16-QAM星座图

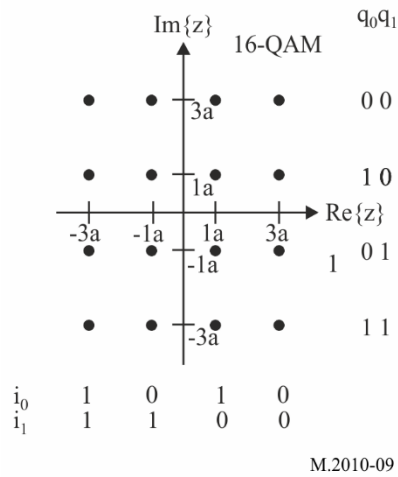
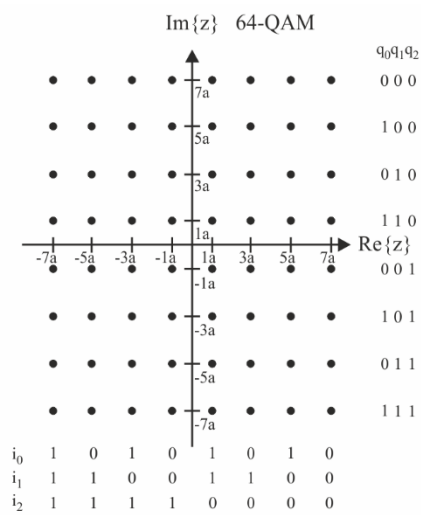


图10

64-QAM星座图



1.6 同步

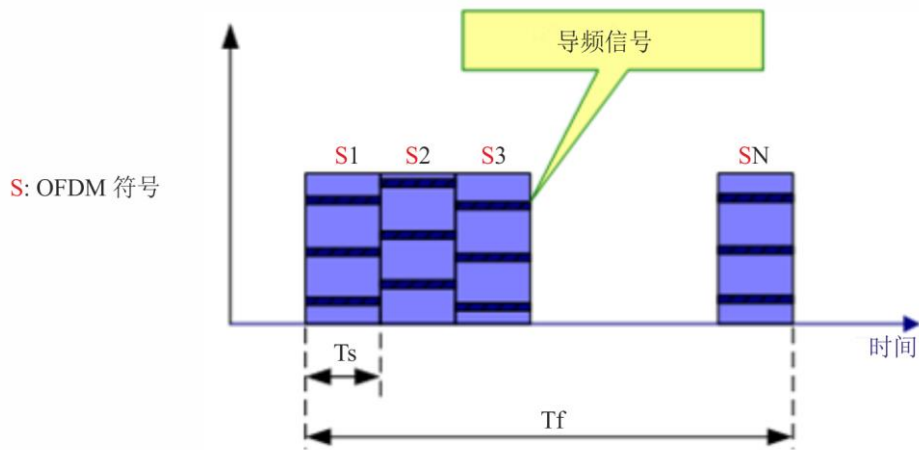
为使每个副载波有一个完善的解调，必须为每个副载波确定无线电传输信道的响应并应采用均衡措施。为此，有些OFDM符号的副载波可携带导频信号。

有了导频信号接收机就能完成下列工作：

- 检测是否接收到信号；
- 估计频率偏移；
- 估算无线电传输信道。

导频信号的数量取决于所需的信号鲁棒性。

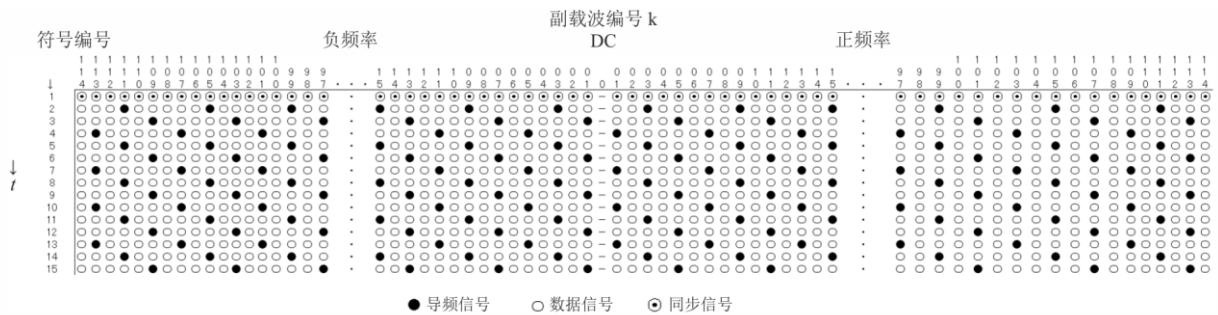
图11  
带导频的OFDM信号



M.2010-11

帧中每个OFDM符号中的导频信号位置可以如下所示：

图12  
导频信号位置



M.2010-12

其中 $t$ 是时域的方向， $f$ 是频域的方向。每个OFDM帧的第一个符号应由一系列同步信号填充，这些同步信号构成同步数据头（参见表7），所有这些信号都被用作接收机提供同步的时间基准。黑色单元格和白色单元格分别代表导频信号和数据信号。在OFDM符号中以2-QAM（BPSK）调制的导频信号值如表3所示。

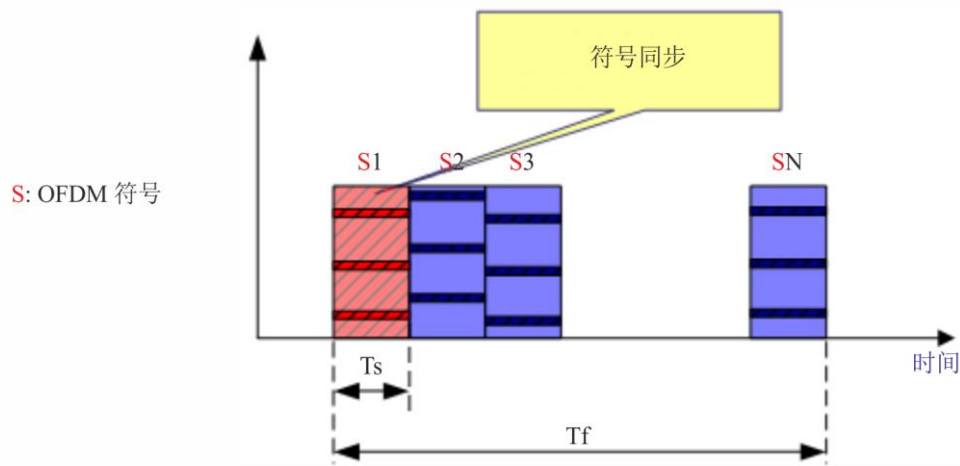


表3  
导频序列

副载波数	导频序列
229	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 1
115	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1
69	-1 1 -1 1 -1 1 1
23	-1 1 -1

每个OFDM帧发送的第一个符号中，所有副载波均被用作时间参考，使接收机同步。

图13  
同步符号



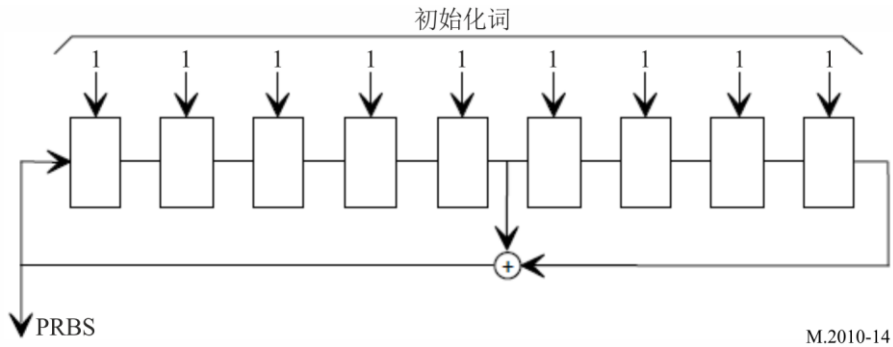
M.2010-13

### 1.7 能量分散

能量分散的目的是为了避免信号模式的传输造成不必要的规律性。在信道编码之前，能量分散扰码器的单个输入应该由伪随机二进制序列（PRBS）的模-2进行编码。PRBS定义为图14反馈移位寄存器的输出。它应该使用一个9次多项式，定义为：

$$P(X)=X^9 + X^5 + 1$$

图14  
伪随机二进制序列发生器

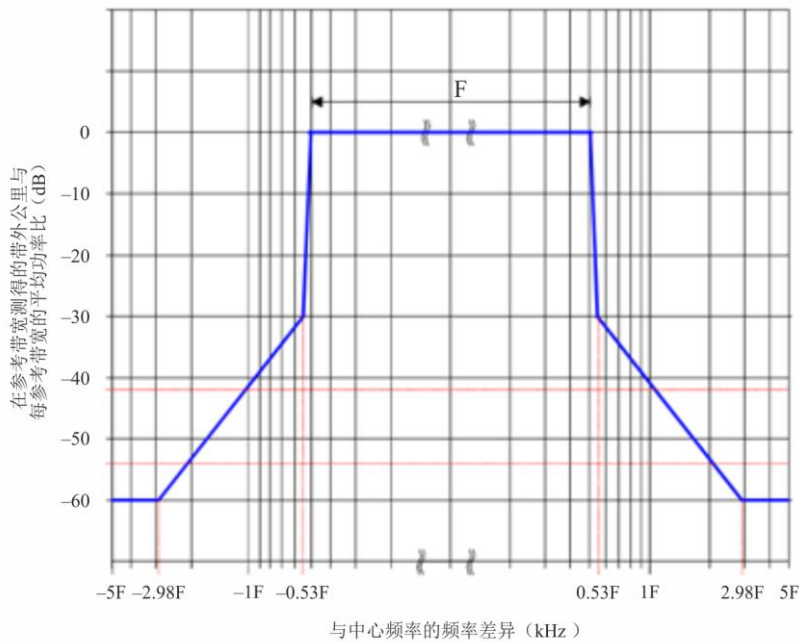


M.2010-14

### 1.8 射频信号的频谱占用

图15

带宽F = 10 kHz的NAVDAT射频信号的频谱占用



M.2010-15

## 2 估计的可用数据速率

在传输500 kHz的10 kHz信道带宽中，数据流（DS）的原始数据速率通常为25 kbit/s左右，信号为16-QAM。

为调整信道保护，承载数据的副载波数量可有变化。更高水平的信道保护（防止多径衰落、衰减、延迟等）会减少有用副载波的数量。

接下来，必须对原数据速率使用误码编码，以取得有用的数据速率。当编码速率在0.5至0.75之间时，有用的数据速率在12至19 kbit/s。

更高的编码速率可提供更高的有用数据速率，但会相应地降低无线电覆盖面积。

在不同调制方式和编码速率下，有用数据速率如下所示。

表4  
数据速率

模式	调制 (nQAM)	编码速率	估计数据速率 (kbps)
0	4-QAM	0.5	6.36
1	4-QAM	0.75	9.56
2	16-QAM	0.5	12.76
3	16-QAM	0.75	19.16
4	64-QAM	0.5	19.16
5	64-QAM	0.75	28.76

### 3 NAVDAT发射机性能规范

表5  
最基本的NAVDAT发射机性能规范

参数	所需结果
频段	495至505 kHz
载频误码	在标称频率 $\pm 2.5$ Hz范围内
光谱掩模	符合图15的要求
发射机三阶互调抑制比	$\geq 40$ dBc
发射机发射杂散 (所有功率范围)	-50 dB, 但不超过50 mW (17 dBm)的绝对水平

### 4 NAVDAT船载接收机

#### 4.1 NAVDAT船载接收机的说明

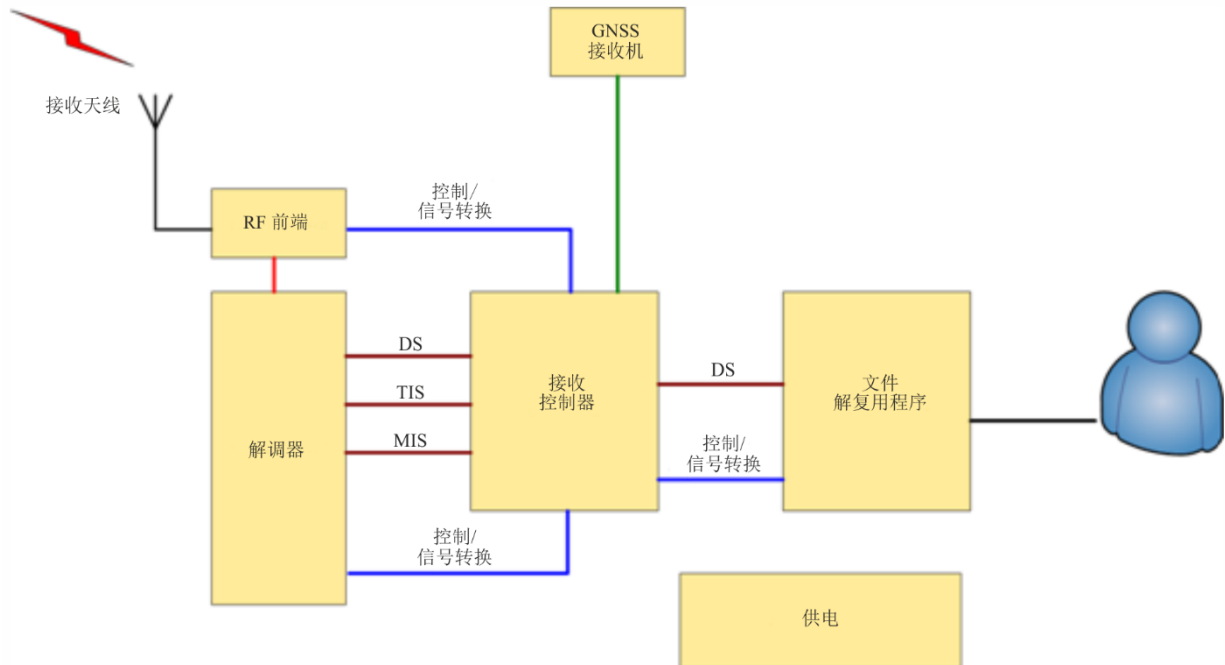
船载接收机模块图请参见图16。

典型的NAVDAT 500 kHz数字接收机由若干基本模块构成：

- 中频接收天线和可选GNSS天线；
- 射频前端；
- 解调器；
- 文件解复用程序；
- 控制器；
- 控制和显示单元（CDU）；
- 数据接口；
- 供电。

NAVDAT车载接收机可同时接收和解码主中频信道和主高频信道，具有2个完整的副接收机。第一个副接收机不断地收听500 kHz的声音。第二个副接收机监视4 226 kHz。如果在频率4226 kHz上没有发现接收信号，副接收器将扫描所有6个高频信道，每个信道持续时间为500 ms。第二接收机的设计允许使用中频或高频信道接收和解码未来潜在的区域或本地发射机。

图16  
NAVDAT接收机逻辑图



M.2010-16

#### 4.1.1 接收天线和全球导航卫星系统天线

500 kHz接收天线可以是H场天线（建议在大噪声船舶上使用）或E场天线。作为一个选项，船舶的NAVDAT接收机也能接收NAVDAT高频信道。在这种情况下，接收天线系统的频段为300 kHz至25 MHz。

此外，还需要GNSS天线（或与现有船舶GNSS接收机连接）来获得船舶定位信息。

#### 4.1.2 射频前端

此模块包含射频滤波器、射频放大器和基带输出。

需要高灵敏度和高动态范围。

#### 4.1.3 解调器

此阶段解调基带OFDM信号并重新创建包含有已发送的消息文件的数据流。

此阶段实施：

- 时间/频率同步；
- 信道估计；

- 自动调制恢复；
- 纠错。

NAVDAT接收机应能够自动检测以下调制参数：

- 16或64-QAM；
- 副载波方案；
- 误码编码的类型。

除DS之外，它还负责上报TIS和MIS中填写的信息。此外，该接收机亦上报如下有关信道的补充信息：

- 估算出的SNR；
- BER；
- MER。

#### 4.1.4 文件解复用程序

文件解复用程序：

- 接收控制器发来的消息文件；
- 确保标出请其注意的消息文件（广播模式类型）；
- 在必要/可行的情况下解密消息文件；
- 将消息文件提供给使用这些文件的终端应用；
- 删除过期的消息文件。

根据最终应用的不同，消息文件可以：

- 存储于可通过船舶网访问的船载服务器上；
- 直接显示在接收机CDU上；
- 直接发送给最终应用。

#### 4.1.5 控制器

该控制器：

- 从DS摘取消息文件（将数据包合并成文件）；
- 解释TIS和MIS以及解调器给出的其它信息；
- 从文件解复用程序中收集以下信息：
  - 已解码消息文件的总量；
  - 可用消息文件的数量；
  - 差错事件（例如，解密差错）。

或可为显示并检查接收参数提供一个人机接口。

#### 4.1.6 控制和显示单元

接收机可以提供显示和控制单元，该单元的功能是：

- 显示特殊信息，并配置连接到专用设备应用程序的接口（例如电子导航），并管理船舶的许可内容（例如船舶识别、加密）；

- 显示和检查接收参数；
- 根据消息文件的应用程序分类显示消息内容。

此CDU可以是运行在外部计算机上的特殊应用程序，接收机可以是黑盒设备。

#### 4.1.7 数据接口

接收机通过数据接口从外部设备（如GNSS）获取数据。控制器根据应用程序对消息文件进行分类，并通过数据接口将消息文件提供给应用设备。

设备应提供符合IEC 61162系列要求的数据接口。建议为文件的高速传输提供以太网和USB接口，并提供打印机接口。

#### 4.1.8 供电

主要供电设备必须与船舶主要供电单元适配。

### 5 最基本的NAVDAT船载接收机的性能规范

下文假设的船载接收机规范，旨在为良好的OFDM解调获得最小SNR（4-QAM、16-QAM或64-QAM）。

表6

NAVDAT船载接收机的性能规范

参数	要求
频段	495至505 kHz
相邻信道保护	> 40 dB @ 5 kHz
噪声因子	< 20 dB
纠错后的可用BER灵敏度（比特误码率）= $10^{-4}$	< -100 dBm
动态	> 80 dB
最小的可用射频场（配有适配的接收天线）	25 dB( $\mu$ V/m)

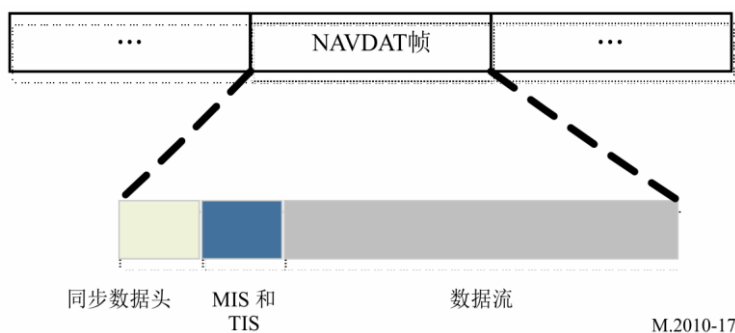
## 附件4

### 传输结构

#### 1 帧结构

NAVDAT帧结构包含同步数据头（第一个符号）、MIS、TIS和DS（数据流），如下所示：

图17  
NAVDAT帧结构



M.2010-17

## 2 同步数据头

同步数据头是接收机要同步的每个帧的第一个 OFDM 符号，每个副载波上的信息见表 7。

表7  
同步数据头序列

副载波数	同步数据头序列
229	-1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 1 1 1 1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 1 -1 -1 -1 - 1 1 1 -1 1 1 1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 -1 1 -1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 1 1
115	1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 -1
69	1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 1 1 1 1
23	1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1

## 3 调制信息流

### 3.1 结构

MIS用于提供有关信道频谱占用以及TIS和DS调制的信息：

- 频谱占用信息 2比特；
- TIS调制信息 1比特；
- DS调制信息 2比特；
- 填充位 1比特 (= 0) ；
- 循环冗余校验 (CRC) 8比特。

表8  
频谱占用信息

位模式	频谱占用 (kHz)
00	1
01	3
10	5
11	10

表9  
发射机信息流调制信息

位模式	调制码
0	4-QAM
1	16-QAM

表10  
数据流调制信息

位模式	调制码
00	4-QAM
01	16-QAM
10	64-QAM

### 3.2 编码

MIS由GF(128)的RS(4, 2)编码, 其原始多项式为  $p(x) = x^7 + x^3 + 1$ 。

## 4 发射机信息流

### 4.1 结构

TIS用于为接收机提供DS编码、发射机编码和时间编码等信息。

- DS的误码编码                   5比特;
- 发射机的标识符               30比特;
- 日期和时间                    17比特;
- 保留                            23比特 (缺省: 0);
- 循环冗余校验                 8比特。



表11  
数据流编码

位模式	传输模式		
	频谱占用率 (kHz)	编码速率	调制码
00000	1	0.5	4-QAM
00001	1	0.75	4-QAM
00010	1	0.5	16-QAM
00011	1	0.75	16-QAM
00100	1	0.5	64-QAM
00101	1	0.75	64-QAM
01000	3	0.5	4-QAM
01001	3	0.75	4-QAM
01010	3	0.5	16-QAM
01011	3	0.75	16-QAM
01100	3	0.5	64-QAM
01101	3	0.75	64-QAM
10000	5	0.5	4-QAM
10001	5	0.75	4-QAM
10010	5	0.5	16-QAM
10011	5	0.75	16-QAM
10100	5	0.5	64-QAM
10101	5	0.75	64-QAM
11000	10	0.5	4-QAM
11001	10	0.75	4-QAM
11010	10	0.5	16-QAM
11011	10	0.75	16-QAM
11100	10	0.5	64-QAM
11101	10	0.75	64-QAM

表12  
发射机标识符

编码	发射机的ID
D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>4</sub> D <sub>5</sub> D <sub>6</sub> D <sub>7</sub> D <sub>8</sub> D <sub>9</sub> D <sub>10</sub>	10字符数字码

表13  
时间信息

参数	比特编号	描述
UTC开始小时	5	小时
UTC开始分钟	6	分钟
广播持续时间	6	0-59分钟

## 4.2 编码

TIS由GF(128)的RS(29、9)编码，原始多项式为 $p(x) = x^7 + x^3 + 1$ 。

## 5 数据流

### 5.1 结构

数据流通常由文本信息或信息文件组成。普遍的数据包传送允许在同一数据流中传送用于各种服务的文本信息和文件。服务可以通过一系列的单个数据包进行传输。

数据包的结构如下：

- 数据头 32比特
- 数据字段 n字节
- CRC 16比特。

数据头的组成如下：

- 数据长度 12比特
- 切换位 1比特
- 第一个标志 1比特
- 最后一个标志 1比特
- 数据包的ID 10比特
- 填充数据包指示器 1比特
- 保留 6比特。

**数据长度：**此12比特表示数据包的长度（以字节为单位）。

**切换位：**只要来自同一文本消息或文件的数据包仍在传输，此位就应保持相同的状态。当第一次发送来自不同文本消息或文件的数据包时，此位应相对于其先前的状态反转。如果一个可能由几个包组成的文本消息或文件被重复，那么这个位应该保持不变。

**第一个平面标记，最后一个标记：**这些标记用于标识构成连续数据包的特定数据包。这些标志的分配如下所示：

表14

第一个标记和最后一个标记的编码

第一个标记	最后一个标记	数据包是
0	0	中间数据包
0	1	数据单元的最后一个数据包
1	0	数据单元的第一个数据包
1	1	数据单元中的一个也是唯一的一个数据包

**数据包ID:** 此8比特字段表示此数据包的数据包ID。

**填充数据包指示符:** 此1比特标记指示数据字段是否带有填充，如下所示：

0: 不存在填充，数据字段中的所有数据字节都是有用的；

1: 存在填充，前两个字节表示数据字段中有用的数据字节数。

**保留:** 此6比特字段保留以供将来使用。

**数据字段:** 它包含用于特定服务的有用数据。它可以是文本信息或文件信息。

**CRC:** 这个16比特CRC应该在数据头和数据字段上计算。

## 5.2 编码

NAVDAT 数据流采用低密度奇偶校验（LDPC）编码，并且在不同的模式下采用不同的编码参数（参见表 11）。下表提供了 10 kHz 模式下的 LDPC 参数。

表15

数据流的LDPC参数

调制码	编码速率	LDPC参数
4-QAM	0.5	LDPC (2560,512)
4-QAM	0.75	LDPC (3840,5120)
16-QAM	0.5	LDPC (2560,5120) ×2
16-QAM	0.75	LDPC (3840,5120) ×2
64-QAM	0.5	LDPC (2560,5120) ×3
64-QAM	0.75	LDPC (3840,5120) ×3

## 6 低密度奇偶校验码

LDPC 码是由奇偶校验矩阵  $H$  唯一定义的线性分组码，由于奇偶校验矩阵  $H$  中“1”的个数远小于“0”的个数，故称为低密度校验码。矩阵  $H$  具有双对角线特征。

校验矩阵  $H$  可以表示为指数矩阵，如下所示：

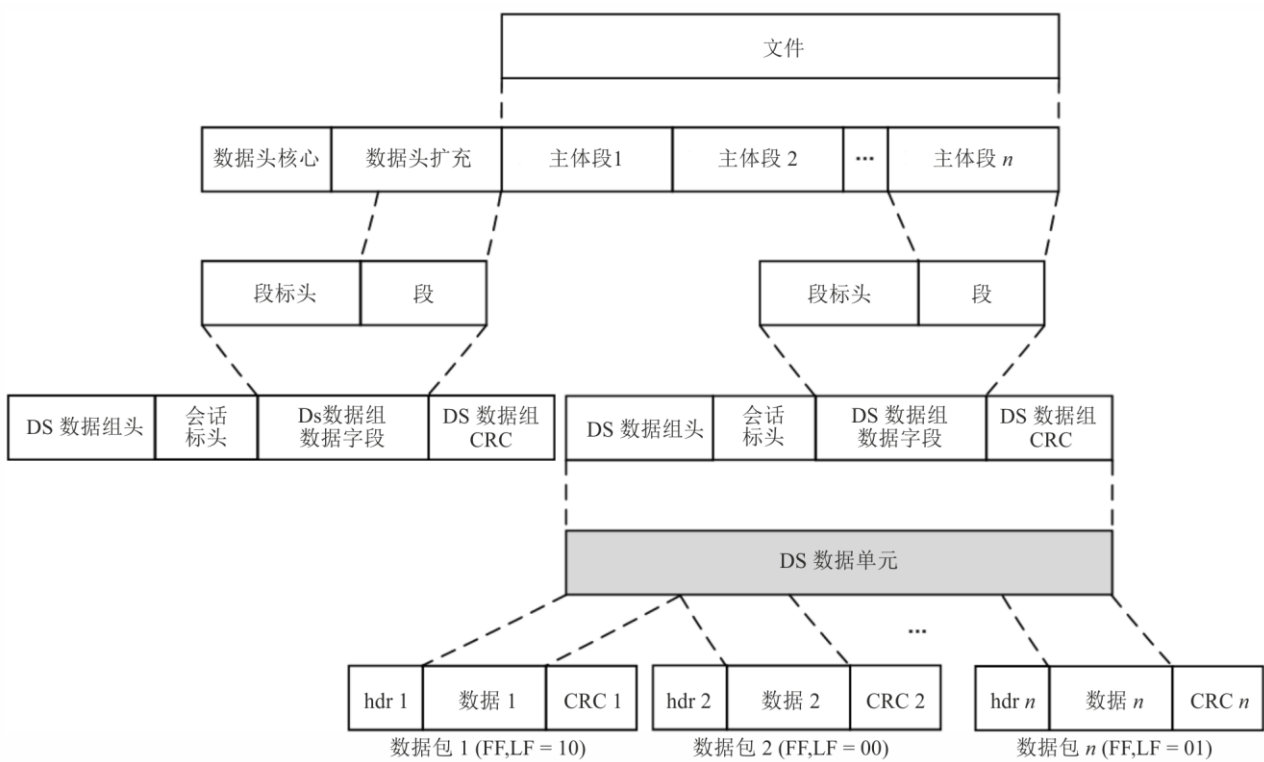


附件5

消息文件结构

图18显示了如何为消息文件构建数据组。在第一步中，创建一个数据头来描述主体（消息文件）。数据头包含文件的管理数据。之后，数据头以及主体被分割成大小相等的段（每项的最后一段可能更小）。将数据头附加到数据段，并将每个数据段映射到一个数据组。然后，每个数据组及其数据头被直接映射到一个数据单元。数据单元被分成数据包进行传输。“FF”和“LF”表示每个数据包的“第一个标记”和“最后一个标记”位的状态。

图18  
消息文件结构



## 附件6

### 世界数字广播联盟的单频网络模式

#### 1 世界数字广播联盟的解释

国际数字无线电广播标准DRM用于中频和高频的数字无线电广播。DRM是一种经过验证的技术，可提供卓越的覆盖范围，提高信号保真度（通过数字纠错编码），消除多径干扰（包括天波干扰），从而扩展天波传播信号的覆盖范围。DRM广播以16-QAM和64-QAM两种调制模式实施，具体取决于覆盖要求、发射机位置、功率和天线高度。

#### 1.1 单频网络运行模式

DRM系统能够支持所谓的“单频网络（SFN）操作”。在这种情况下，多个发射机以相同的频率同时发送相同的数据信号。一般来说，这些发射机被布置成具有重叠的覆盖区域，在其中无线电将接收来自多个发射机的信号。如果这些信号在小于保护间隔的时间差内到达，它们将提供正信号增强。因此，与只有一个发射机向该位置提供服务的情况相比，该位置的服务覆盖范围将得到改善。通过慎重的设计，并在SFN中使用多个发射机，可以使用单个频率全面覆盖某一地区或国家，在此应用中，可以完全覆盖单个时隙，从而极大地提高频谱效率并释放广播时隙。

---