

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

H04L 27/26 (2006.01)

H04H 20/00 (2008.01)

H04N 7/20 (2006.01)

专利号 ZL 200510109005.9

[45] 授权公告日 2010年3月24日

[11] 授权公告号 CN 100596129C

[22] 申请日 2005.10.13

[21] 申请号 200510109005.9

[73] 专利权人 北京泰美世纪科技有限公司

地址 100036 北京市海淀区阜成路44号5号楼201室

[72] 发明人 陶涛 葛启宏 宋挥师 梁毅斌
杨庆华 解伟

[56] 参考文献

CN1564555A 2005.1.12

CN1531261A 2004.9.22

· ·

遥感卫星 OFDM 高速数据传输系统. 张朝阳. 空间电子技术, 第3期. 2003

审查员 白家荣

[74] 专利代理机构 北京市立方律师事务所
代理人 张磊

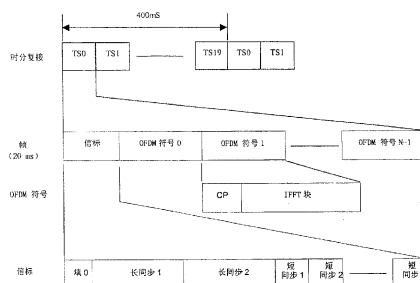
权利要求书6页 说明书17页 附图14页

[54] 发明名称

一种多载波数字卫星广播系统及其数字信息传输方法

[57] 摘要

一种多载波数字卫星广播系统及其数字信息传输方法。包括信源编码器(1), 编码调制器(2), 发射机(3), 卫星(4), 用户解调器(7)和信源解码器(8), 信源编码器(1)将模拟信号编码为数字信号, 数字信号被输送到编码调制器(2), 进行差错控制编码; 星座映射; 扰码; 正交频分复用调制; 加入信标得到传输组帧, 然后时隙复接; 低通滤波; 载波高频调制, 综合各个频率数据, 输送到发射机(3); 发射机(3)将高频信号向卫星(4)发送并经过卫星广播被用户解调器(7)接收; 用户解调器(7)检测信号, 解调得到数据流, 传输到信源解码器(8)解码成模拟信号输出到终端。其实现了多路广播服务灵活复用, 增加系统灵活性。



1. 一种多载波数字卫星广播系统, 包括编码调制器(2), 发射机(3), 卫星(4), 用户解调器(7), 其特征在于, 所述编码调制器(2)对卫星广播信号使用低密度奇偶校验码进行信道编码, 使用正交频分技术进行调制, 经调制后的正交频分复用调制信号用于卫星广播;

所述系统还包括信源编码器(1)和信源解码器(8),

当信源编码器(1)将各个信道的模拟信号编码为数字信号后, 数字信号被输送到编码调制器(2), 经过低密度奇偶校验码进行差错控制编码; 星座映射; 扰码, 正交频分复用调制; 加入信标得到传输组帧, 然后进行时隙复接; 最后被低通滤波, 利用载波高频调制, 综合各个频率数据, 输送到发射机(3);

发射机(3)将高频信号向卫星(4)发送并经过卫星(4)广播而被用户解调器(7)接收, 用户解调器(7)检测信号, 解调得到数据流, 经过低密度奇偶校验码解码, 传输到信源解码器(8)将数字信号解码成模拟信号, 并将模拟信号输出到终端。

2. 根据权利要求1所述的多载波数字卫星广播系统, 其特征在于, 所述低密度奇偶校验码为高度结构化的低密度奇偶校验码。

3. 根据权利要求1所述的多载波数字卫星广播系统, 其特征在于, 所述信道包括多个负载数据信道和控制信道;

所述负载数据信道采用 QPSK 星座映射; 所述控制信道采用 BPSK 星座映射;

所述负载数据信道经差错编码后, 利用比特交织器交织后再进行星座映射。

4. 根据权利要求3所述的多载波数字卫星广播系统, 其特征在于, 还包括:

地面卫星接收天线(5), 用于接收卫星转发的不调整频率的信号并转发给地面转发器(6);

地面转发器(6), 用于接收到卫星信号, 并处理、放大后转发给用户解调器(7)。

5. 根据权利要求4所述的多载波数字卫星广播系统,其特征在於,所述滤波为时域成形滤波器滤波。

6. 根据权利要求1至5任一项所述的多载波数字卫星广播系统,其特征在於,所述的卫星移动广播频带划分为 $3\times 8\text{MHz}$ 频道,每个频道划分为 $20\times 20\text{ms}$ 时隙,从而提供 20×3 个逻辑信道;

每个逻辑信道单独完成信道编码和正交频分复用调制。

7. 根据权利要求1至5任一项所述的多载波数字卫星广播系统,其特征在於,所述的帧包括信标和正交频分复用符号。

8. 根据权利要求7所述的多载波数字卫星广播系统,其特征在於,所述的正交频分复用符号包括正交频分复用符号前缀和快速傅立叶反变换块。

9. 根据权利要求8所述的多载波数字卫星广播系统,其特征在於,OFDM系统采用4K模式和1K模式,4K模式采用3120个有效子载波,1K模式采用780个有效子载波。

10. 根据权利要求8所述的多载波数字卫星广播系统,其特征在於,符号前缀可以是IFFT长度的 $1/4$ 、 $1/8$ 、 $1/16$ 和 $1/32$ 。

11. 根据权利要求8所述的多载波数字卫星广播系统,其特征在於,系统导频包括连续导频和离散导频。

12. 根据权利要求11所述的多载波数字卫星广播系统,其特征在於,1K模式下的连续导频的子载波序号可用 1 、 780 、 390 、 391 、 $48p+q+1$ 和 $48p+s+1$ 表示,其中 $1\leq p\leq 6$ 、 $s=395-q$;

4K模式下的连续导频的子载波序号可用 1 、 3120 、 1560 、 1561 、 $48p+q+1$ 和 $48p+s+1$ 表示,其中 $1\leq p\leq 30$ 、 $s=1583-q$;

q 决定跳变图样: $q=\text{mod}(\text{帧序号}, 20)$ 。

13. 根据权利要求11所述的多载波数字卫星广播系统,其特征在於,将离散导频信号的位置坐标用 (m, n) 表示,其中 m 和 n 分别是频率和时间轴指示,其取值规则如下:

1K模式下: $m=3p+1+\text{mod}(q, 3)$, $n=4q$, $p=0,1,2,\dots,259$, $q=0,1,2,\dots,38, 42, 44, 46$,其中, $38, 42, 44, 46$ 分别对应于符号前缀长度 $1/4, 1/8, 1/16, 1/32$;

4K 模式下: $m=4p+1+\text{mod}(q, 4)$, $n=3q$, $p=0,1,2,\dots,779$, $q=0,1,2,\dots,12, 13, 14, 15$, 其中, 12, 13, 14, 15 分别对应于符号前缀长度 $1/4, 1/8, 1/16, 1/32$ 。

14. 根据权利要求 7 所述的多载波数字卫星广播系统, 其特征在于, 系统信标包括 2 个相同的长同步信号和 8 个经过调制的短同步信号。

15. 根据权利要求 14 所述的多载波数字卫星广播系统, 其特征在于, 长同步信号的长度为 1023 点, 其生成多项式为 $x^{10}+x^9+x^8+x^6+x^4+x^2+1$, 预设值为 00 0000 0001, 其发射功能相对于普通 OFDM 符号提高 3dB。

16. 根据权利要求 14 所述的多载波数字卫星广播系统, 其特征在于, 短同步信号长度为 255 个采样, 生成多项式为 $x^8+x^4+x^3+x^2+1$, 预设值为 0000 0001, 采用 BPSK 映射 (0 \rightarrow -1, 1 \rightarrow +1), 每个随机序列携带 1 比特信息, 共携带 8 比特信息, 所有偶数序短同步额外旋转 $\pi/4$ 。

17. 根据权利要求 8 所述的多载波数字卫星广播系统, 其特征在于, 时频格栅上的所有符号即有效子载波, 包括数据子载波、离散导频和连续导频等, 均被一个复伪随机二进制序列 PRBS 扰码, PRBS 序列生成多项式为 $x^{10}+x^3+1$, 移位寄存器初始值为 0000000001。

18. 根据权利要求 8 所述的多载波数字卫星广播系统, 其特征在于, 控制信道信息以 2 个 LDPC 块的 144 个字节为周期重复发送, 其中包括 1 个字节的全体控制信息, 133 个字节的各负载信道构成信息, 6 个字节的接收器启动附加信息和 4 个字节的 CRC 循环冗余校验信息, 其中, CRC 的生成多项式为 $G(X) = X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$ 。

19. 根据权利要求 18 所述的多载波数字卫星广播系统, 其特征在于, 各负载信道构成信息包括符号映射方式和编码率。

20. 一种数字信息传输方法, 其特征在于, 通过编码调制器 (2) 对信号进行低密度奇偶校验编码和正交频分复用调制, 经调制后的正交频分复用信号用于卫星广播, 包括下列步骤:

步骤一: 当信号送入信源编码器(1)后, 信源编码器(1)将模拟信号编码为多个信道的负载数字信号;

步骤二: 信道的数字信号被输送到编码调制器(2), 利用低密度奇偶校验码进行差错控制编码, 在比特交织后进行星座映射, 然后扰码, 正交频分复用

调制后,加入信标后得到传输组帧,经过时隙复接,最后被低通滤波,利用载波高频调制,综合各个频率数据,输送到发射机(3);

步骤三:将编码调制器(2)调制后的高频调制信号输出到发射机(3)后,发射机(3)向卫星(4)发送信号,卫星(4)将接收到的信号向地面广播,用户解调器(7)接收卫星信号;

步骤四:用户解调器(7)接收到信号后,解调、解扰后得到数据流,经过解交织,低密度奇偶校验码解码,传输到信源解码器(8);

步骤五:信源解码器(8)将数字信号解码成模拟信号,并将模拟信号输出到终端。

21. 根据权利要求 20 所述的数字信息传输方法,其特征在于,所述低密度奇偶校验码为高度结构化的低密度奇偶校验码。

22. 根据权利要求 21 所述的数字信息传输方法,其特征在于,所述信道包括多个负载数据信道和控制信道;

所述负载数据信道采用 QPSK 星座映射;所述控制信道采用 BPSK 星座映射;

所述负载数据信道经差错编码后,利用比特交织器交织后再进行星座映射。

23. 根据权利要求 22 所述的数字信息传输方法,其特征在于,所述步骤三还包括下列步骤:

步骤 1): 卫星将接收到的信号不调整频率向地面广播,地面卫星接收天线接收信号;

步骤 2): 地面卫星接收天线(5)接收信号后转发给地面转发器(6);

步骤 3): 地面转发器(6)将信号放大或者调整频率并放大后转发给用户解调器(7)。

24. 根据权利要求 23 所述的数字信息传输方法,其特征在于,所述滤波为时域成形滤波器滤波。

25. 根据权利要求 20 至 24 任一项所述的数字信息传输方法,其特征在于,所述的卫星移动广播频带划分为 $3 \times 8\text{MHz}$ 频道,每个频道划分为 $20 \times 20\text{ms}$ 时隙,从而提供 20×3 个逻辑信道;

每个逻辑信道单独完成信道编码和正交频分复用调制。

26. 根据权利要求 20 至 24 任一项所述的数字信息传输方法,其特征在于,所述的帧包括信标和正交频分复用符号。

27. 根据权利要求 26 所述的数字信息传输方法,其特征在于,所述的正交频分复用符号包括正交频分复用符号前缀和快速傅立叶反变换块。

28. 根据权利要求 27 所述的数字信息传输方法,其特征在于,OFDM 系统采用 4K 模式和 1K 模式,4K 模式采用 3120 个有效子载波,1K 模式采用 780 个有效子载波。

29. 根据权利要求 27 所述的数字信息传输方法,其特征在于,符号前缀可以是 IFFT 长度的 1/4、1/8、1/16 和 1/32。

30. 根据权利要求 28 所述的数字信息传输方法,其特征在于,导频包括连续导频和离散导频。

31. 根据权利要求 30 所述的数字信息传输方法,其特征在于,1K 模式下的连续导频的子载波序号可用 1 、 780 、 390 、 391 、 $48p+q+1$ 和 $48p+s+1$ 表示,其中 $1 \leq p \leq 6$ 、 $s=395-q$;

4K 模式下的连续导频的子载波序号可用 1 、 3120 、 1560 、 1561 、 $48p+q+1$ 和 $48p+s+1$ 表示,其中 $1 \leq p \leq 30$ 、 $s=1583-q$;

q 决定跳变图样: $q=\text{mod}(\text{帧序号}, 20)$ 。

32. 根据权利要求 30 所述的数字信息传输方法,其特征在于,将离散导频信号的位置坐标用 (m, n) 表示,其中 m 和 n 分别是频率和时间轴指示,其取值规则如下:

1K 模式下: $m=3p+1+\text{mod}(q, 3)$, $n=4q$, $p=0,1,2,\dots,259$, $q=0,1,2,\dots,38, 42, 44, 46$, 其中, $38, 42, 44, 46$ 分别对应于符号前缀长度 1/4, 1/8, 1/16, 1/32;

4K 模式下: $m=4p+1+\text{mod}(q, 4)$, $n=3q$, $p=0,1,2,\dots,779$, $q=0,1,2,\dots,12, 13, 14, 15$, 其中, $12, 13, 14, 15$ 分别对应于符号前缀长度 1/4, 1/8, 1/16, 1/32。

33. 根据权利要求 26 所述的数字信息传输方法,其特征在于,系统信标包括 2 个相同的长同步信号和 8 个经过调制的短同步信号。

34. 根据权利要求 35 所述的数字信息传输方法,其特征在于,长同步信号的长度为 1023 点,其生成多项式为 $x^{10}+x^9+x^8+x^6+x^4+x^2+1$,预设值为 00 0000

0001, 其发射功能相对于普通 OFDM 符号提高 3dB。

35. 根据权利要求 33 所述的数字信息传输方法, 其特征在于, 短同步信号长度为 255 个采样, 生成多项式为 $x^8+x^4+x^3+x^2+1$, 预设值为 0000 0001, 采用 BPSK 映射, 0 \rightarrow -1, 1 \rightarrow +1, 每个随机序列携带 1 比特信息, 共携带 8 比特信息, 所有偶数序短同步额外旋转 $\pi/4$ 。

36. 根据权利要求 27 所述的数字信息传输方法, 其特征在于, 时频格栅上的所有符号即有效子载波, 包括数据子载波、离散导频和连续导频等, 均被一个复伪随机二进制序列 PRBS 扰码, PRBS 序列生成多项式为 $x^{10}+x^3+1$, 移位寄存器初始值为 00000000001。

37. 根据权利要求 27 所述的数字信息传输方法, 其特征在于, 控制信道信息以 2 个 LDPC 块的 144 个字节为周期重复发送, 其中包括 1 个字节的全体控制信息, 133 个字节的各负载信道构成信息, 6 个字节的接收器启动附加信息和 4 个字节的 CRC 循环冗余校验信息, 其中, CRC 的生成多项式为 $G(X) = X^{32}+X^{26}+X^{23}+X^{22}+X^{16}+X^{12}+X^{11}+X^{10}+X^8+X^7+X^5+X^4+X^2+X+1$ 。

38. 根据权利要求 37 所述的数字信息传输方法, 其特征在于, 各负载信道构成信息包括符号映射方式和编码率。

一种多载波数字卫星广播系统及其数字信息传输方法

技术领域

本发明涉及数字信息传输领域，尤其是涉及一种多载波数字卫星广播系统及其数字信息传输方法。

背景技术

卫星通信是通信行业的一个重要分支，卫星通信系统是电子技术、通信技术和航天技术等相结合的产物，主要由通信卫星、地球站、接收站以及测量控制跟踪系统等组成。卫星通信和其它通信手段相比较，具有通信容量大、覆盖面积广、通信距离远、传输质量好、能全天候工作、可靠性高、组网灵活快捷和成本费用低等优点，因此在国家信息基础设施建设、实现普遍服务和国家信息安全战略中得到广泛应用。

目前的卫星通信系统，主要有固定业务的卫星系统（FSS）、移动业务的卫星系统（MSS）和广播业务的卫星系统（BSS）。其中，广播业务的卫星系统（BSS）特别是数字卫星广播系统随着信息化对通信的要求及卫星通信技术的发展，越来越受到业内关注。现阶段，数字卫星广播系统已经取得了很多成果，达到了实用阶段，目前世界上主要有两种数字卫星广播标准：

（1）数字视频卫星广播（Digital Video Broadcasting-Satellite, DVB-S）标准

DVB-S 是由欧洲通信标准组织(European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 提出的。欧洲在 1993 年停止了数模混合制式电视系统的研究后，开始了数字电视广播系统的研究，并先后颁布了 DVB-S、数字视频有线广播（Digital Video Broadcasting-Cable, DVB-C）、数字视频地面广播（Digital Video Broadcasting- Terrestrial, DVB-T）标准。其中 DVB-S 标准适用于卫星链路，DVB-S 标准提供了一套完整的适用于卫星传输的数字电视系统规范，选定 ISO/IEC MPEG-2 标准作为音频及视频的编码压缩方式。在传输方式上，DVB-S 标准采用级联编码，并使用单载波四相相移键控（QPSK）

调制方式在 11G/12GHz 频率点上进行传输。

其中, MPEG-2 是 MPEG 组织制定的一种数字视频、音频压缩、解压缩标准。MPEG 是活动图像专家组(Moving Picture Exports Group)英文的缩写,于 1988 年成立,是为数字视/音频制定压缩标准的专家组,目前已拥有 300 多名成员,包括 IBM、SUN、BBC、NEC、INTEL、AT&T 等世界知名公司。MPEG 组织最初得到的授权是制定用于“活动图像”编码的各种标准,随后扩充为“及其伴随的音频”及其组合编码。后来针对不同的应用需求,解除了“用于数字存储媒体”的限制,成为现在制定“活动图像和音频编码”标准的组织。MPEG 组织制定的各个标准都有不同的目标和应用,目前已提出 MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4、MPEG-7 和 MPEG-21 标准。

四相相移键控(Quadrature Phase Shift Keying, QPSK),又称正交相移键控,是一种四进制的相位键控调制方式,可以看成是两正交的二相调制合成,把相继码元的四种组合(00、01、10、11)对应于载波的四个相位(0 、 $\pm \pi/2$ 、 π)。调制的传输效率高,抗误码性能较优,其调制信号是包络恒定信号,传输信道中的幅度衰减对其性能无影响,非常适合卫星信道。

DVB-S 系统在亚洲、澳洲、美国都得到了很好的响应,我国在 1996 年颁布广播电视数字传输技术体制,决定采用符合 DVB-S 标准的数字电视卫星广播系统。但是 DVB-S 标准仅仅适用于固定接收系统,不适用于移动终端设备,移动用户无法使用该系统。

(2) 日韩数字卫星广播标准

1998 年 5 月, Toshiba、SKTelecomm、Sharp、Toyota Motor 等公司共同出资,成立了移动广播公司(Mobile Broadcasting Corporation, MBC),并于 2004 年 3 月发射了广播卫星,现已开始运营,对日本、韩国提供服务。系统采用和 DVB-S 相同的 MPEG-2 视频编码技术,也使用了伪随机比特流(Pseudo-Random Binary Sequence, PRBS)、带交织的级联编码,并采用码分复用(CDM)扩频的方式进行传输。

日韩数字卫星广播借助于纠错功能或多通路技术,用户无论在室内和户外,还是在汽车、轮船、火车上,都可以收到信号,也就是其支持移动接收,但用实际应用的效果来看,性能仍然不够理想,有待进一步的改善。

发明内容

本发明的目的在于提供一种多载波数字卫星广播系统及其数字信息传输的方法，为用户提供高质量的音频和视频服务，实现多路广播服务灵活复用和与其它数字广播服务的互操作，同时实现高效的抗干扰调制并提高频带的利用率。

为实现本发明目的的一种多载波数字卫星广播系统，包括信源编码器，编码调制器，发射机，卫星，用户解调器和信源解码器。

当信源编码器将各个信道的模拟信号编码为数字信号后，数字信号被输送到编码调制器，经过低密度奇偶校验码进行差错控制编码；星座映射；扰码，正交频分复用调制；加入信标得到传输组帧，然后进行时隙复接；最后被低通滤波，利用载波高频调制，综合各个频率数据，输送到发射机；

发射机将高频信号向卫星发送并经过卫星广播而被用户解调器接收，用户解调器检测信号，解调得到数据流，经过低密度奇偶校验码解码，传输到信源解码器将数字信号解码成模拟信号，并将模拟信号输出到终端。

所述低密度奇偶校验码可以是高度结构化的低密度奇偶校验码。

所述信道可以包括多个负载数据信道和控制信道，同时，负载数据信道采用 QPSK 星座映射；所述控制信道采用 BPSK 星座映射，负载数据信道经差错编码后，利用比特交织器交织后再进行星座映射。

多载波数字卫星广播系统还可以包括地面卫星接收天线，用于接收卫星转发的不调整频率的信号并转发给地面转发器；地面转发器，用于接收到卫星信号，并处理、放大后转发给用户解调器。

所述滤波可以是时域成形滤波器滤波。

所述的卫星移动广播频带划分为 $3 \times 8\text{MHz}$ 频道，每个频道划分为 $20 \times 20\text{ms}$ 时隙，从而提供 20×3 个逻辑信道；每个逻辑信道单独完成信道编码和正交频分复用调制。帧可以包括信标和正交频分复用符号。正交频分复用符号包括正交频分复用符号前缀和快速傅立叶反变换块。

本发明还提供一种数字信息传输方法，包括下列步骤：

步骤一：当信号送入信源编码器后，信源编码器将模拟信号编码为多个信道的负载数字信号；

步骤二：信道的数字信号被输送到编码调制器，利用低密度奇偶校验码进行差错控制编码，在比特交织后进行星座映射，然后扰码，正交频分复用调制后，加入信标后得到传输组帧，经过时隙复接，最后被低通滤波，利用载波高频调制，综合各个频率数据，输送到发射机；

步骤三：将编码调制器调制后的高频调制信号输出到发射机后，发射机向卫星发送信号，卫星将接收到的信号向地面广播，用户解调器接收卫星信号；

步骤四：用户解调器接收到信号后，解调、解扰后得到数据流，经过解交织，低密度奇偶校验码解码，传输到信源解码器；

步骤五：信源解码器将数字信号解码成模拟信号，并将模拟信号输出到终端。

所述低密度奇偶校验码可以是高度结构化的低密度奇偶校验码。

所述信道可以包括多个负载数据信道和控制信道；负载数据信道采用QPSK星座映射；所述控制信道采用BPSK星座映射；负载数据信道经差错编码后，利用比特交织器交织后再进行星座映射。

所述步骤三还可以包括下列步骤：

步骤1)：卫星将接收到的信号不调整频率向地面广播，地面卫星接收天线接收信号；

步骤2)：地面卫星接收天线接收信号后转发给地面转发器；

步骤3)：地面转发器将信号放大或者调整频率并放大后转发给用户解调器；

所述滤波可以是时域成形滤波器滤波。

本发明的有益效果是：本发明一种多载波数字卫星广播系统及其数字信息传输的方法，基于卫星的集成式多业务广播系统架构（Telediffusive Integrated Multi-service Infrastructure Satellite, Timi-S）为中国的移动、便携和固定接收用户提供了高质量音频和多媒体数据的卫星传输和地面转发业务，满足了低成本和高性能的要求，实现了多路广播服务灵活复用和与其它数字广播服务的互操作，增加系统灵活性，满足移动接收。

附图说明

- 图 1 为本发明集成式多业务广播系统架构；
图 2 为图 1 中编码调制器物理结构示意图；
图 3 为图 1 本发明卫星传输频道划分方式示意图；
图 4 为本发明卫星传输频道时隙划分及帧结构示意图；
图 5 为图 4 中信标结构示意图；
图 6 为本发明长同步 PN 序列生成方法示意图；
图 7 为本发明短同步 PN 序列生成方法示意图；
图 8 为比特交织器原理图；
图 9 为比特交织器与解交织器概念图；
图 10 为 BPSK 星座映射图；
图 11 为 QPSK 星座映射图；
图 12 为复伪随机二进制序列生成方法；
图 13 为本发明在 1K 模式下信号分布图；
图 14 为本发明 4K 模式下信号分布图；
图 15 为本发明 OFDM 符号子载波结构示意图；
图 16 为本发明控制码道信息块构成示意图；
图 17 为本发明全体控制信息构成示意图；
图 18 为本发明各负载信道构成信息示意图；
图 19 为图 18 中负载信道个别信息的构成示意图；
图 20 为接收器启动时附加信息的构成示意图。

具体实施方式

下面结合附图 1-20 进一步详细说明本发明一种多载波数字卫星广播系统及其数字信息传输方法。

1. 多载波数字卫星广播系统与数字信息传输方法

如图 1 所示，本发明的一种多载波数字卫星广播系统包括信源编码器 1，编码调制器 2，发射机 3，卫星 4，地面卫星接收天线 5，地面转发器 6，用户解调器 7 和信源解码器 8。

(一) 当信号送入信源编码器 1 后，信源编码器 1 将模拟信号编码为多个信道的负载数字信号。

信源编码器 1 选择 MPEG-4 AAC+标准音频作为音频信源编码, 并采用音频数据传送流 (ADTS) 以保证 MPEG-4 系统环境下 AAC+比特流的使用; 数据编码包括单一媒体 (例如视频源编码、文本) 和多媒体 (例如音频、视频、文本和数据的混合) 在内的各种类型的广播数据, 只要其数据结构与 H. 264 兼容, 就适用于本发明的广播系统。

本发明的广播系统业务复用可以采用 H. 264 系统, 对于一些将来才会用到的业务, 只要其适用 H. 264 系统, 就适用于本系统。

(二) 数字信号被输送到编码调制器 2, 利用低密度奇偶校验码进行差错控制编码, 经过比特交织、星座映射, 然后扰码, 正交频分复用 (OFDM) 调制后, 加入信标后得到传输组帧, 经过时隙复接, 最后被低通滤波, 利用载波高频调制, 综合各个频率数据, 输送到发射机 3。

本实施例中, 如图 3 所示, 系统将带宽为 25MHz (2630~2655MHz) 卫星广播频带划分为 $3 \times 8\text{MHz}$ 频道, 每个频道划分为 $20 \times 20\text{ms}$ 时隙, 从而提供了 20×3 个逻辑信道, 在每个逻辑信道中, 单独完成 LDPC 信道编码和 OFDM 调制为 OFDM 符号, 加入信标, 形成帧, 每个频道划分为 20 个时隙, 每个时隙的长度为 20ms, 采用相同的帧结构传送一路逻辑信道数据, 其中, 每个频道的第 1 个时隙为控制时隙, 即控制信道, 用于传送物理层控制信息, 第 2~20 个时隙为业务时隙, 即广播信道, 用于传送数据载荷。

(三) 将编码调制器 2 调制后的高频调制信号输出到 Ku 波段发射机 3, Ku 波段发射机 3 向卫星 4 发送信号。

信号首先通过卫星业务上行信道 (例如: 14GHz) 从上行链路地面站传到广播卫星 4 上, 在卫星 4 上又把信号从 14GHz 转换到 2.6GHz, 然后卫星转发器将 2.6GHz 信号放大到所需的水平, 向业务区进行广播。

信号也可以通过 11GHz 上行链路传到广播卫星 4, 在卫星转发器将 11GHz 信号放大到所需的水平, 最后通过大型卫星发射天线向业务区进行广播。

系统的主要广播节目内容首先提供高质量的声音业务, 接下来还提供包括数字广播在内的多媒体业务。

听众/观众可以用低方向性小天线接收卫星广播信号。为了保证移动接收有足够的等效全向辐射功率, 空间站需要配备大功率的转发器和大型发射天

线。

在 2.6GHz 频段进行传播的主要问题是直射路径的遮蔽和阻挡。系统采用了两种技术来应对不同类型的遮蔽和阻挡。

第一种方法就是在用户解调器 7 中使用按位运算解交织器对抗小物体引起的遮蔽和阻挡。在移动接收中，这种遮蔽和阻挡表现为在运动接收过程中，接收信号中的噪声突然加强，最长持续时间可达约 1 秒。

使用解交织器以后，突发噪声被分散到几秒的时间中去，凭借系统的纠错能力足以处理。

第二种方法在系统设计中使用地面转发器 6，用于减轻由遮蔽和阻挡引起的信号衰落。这类转发器 6 用于转发卫星信号，可覆盖被大楼等大型建筑物遮挡的区域。该系统针对不同的遮挡方式设计了两种类型的转发器，所谓的直接放大型和频率转换型。

直接放大型转发器只能对 2.6 GHz 频段的卫星广播信号进行放大。为了避免发射和地面卫星接收天线 5 之间耦合效应引起的不必要的振荡，这种转发器的增益放大倍数受到限制，只能覆盖最远距离为 500 米的视距区域。

相比之下，频率转换型转发器可以对半径 3 公里的较大区域进行覆盖。卫星上行信号使用不同于 2.6GHz 的频率，例如 11GHz 频率。

在这种环境中，当两路以上的广播信号同时被接收时，多径衰落效应就出现了。该系统采用正交频分复用（OFDM）调制技术来保证对多径衰落信号的稳定接收。借助正交频分复用（OFDM）频域信道估计与均衡技术和用户解调器 7 上的天线分集，用户解调器 7 在多径衰落环境下的性能有望得到大幅度提升。

图 1 中所示的聚光型地面转发器 6 也能改善多路径的环境，而在这种条件下，如果没有该转发器 6，用户解调器 7 就不能正确地接收信号。聚光型地面转发器 6 可以根据目标覆盖区的实际情况在直接放大或频率转换两种模式之间选取。

（四）卫星信号经过卫星 4 广播后，用户解调器 7 接收到信号，检测要接收的节目，解调得到数据流，经过解交织，低密度奇偶校验码（LDPC）解码，传输到信源解码器 8。

用户解调器 7 从接收到广播信号到最后输出数字信号给信源解码器 8 的过程，实际上的编码调制器 2 的逆过程，本领域的技术人员可以根据编码调制器 2 的编码调制过程完成本发明的解码过程，因此，不再一一详细描述解码过程。

(五) 信源解码器 8 将数字信号解码成模拟信号，并将模拟信号输出到终端。

2. 低密度奇偶校验码编码

数字编码模块对数据信道数字信号进行低密度奇偶校验码编码 (Low-Density Parity-Check, LDPC)，再经过比特交织输送到调制模块；对控制信道的数字信号，进行 LDPC 编码后输送到调制模块。

LDPC 编码是由 Gallager 在 1962 首次提出的 (R.G.Gallager, "Low density parity check codes," IRE Trans. Information Theory, 1962 年 1 月 IT-8 卷 21-28 页)。

具有大的块长度的 LDPC 码具有与 Turbo 码相似的性能，但 LDPC 码解码要容易得多，而且适合并行处理，易于实现。再加上 LDPC 码具有优良的纠错能力，使其更适合于 OFDM 系统。本发明采用编码方案是低密度奇偶校验 (LDPC) 编码的正交频分复用。本发明的系统在数据率更高的情况下，其检测门限要低于 DVB-T (2-3dB)。

本发明的卫星系统中的 LDPC 码共支持 6 种配置，包括长码和短码，LDPC 编码的码长与码率如表 1 所示。

表 1、LDPC 码配置

长 LDPC 码		短 LDPC 码	
码率	块长[比特]	码率	块长[比特]
1/2	9216	1/2	1152
5/8	9216	5/8	1152
7/8	9216	7/8	1152

本实施例中的每一个 20ms 的帧均以完整的 LDPC 编码块开始。

其中，长码应用于广播类业务，而短码应用于数据/信息类业务。

较佳地，上述数字信号采用高度结构化的低密度奇偶校验码编码 (Highly-structured Low Density Parity Check, HS-LDPC)。申请人于 2005

年8月8日向中国国家知识产权局递交的申请号为：82005100906712的《数字卫星广播系统及信息传输方法、纠错编码系统及方法》中，对HS-LDPC校验码进行了详细的描述，本专利申请引用关于HS-LDPC校验码的描述，作为本发明说明书的一部分，而不再在本专利申请中描述。

3. 正交频分复用调制

正交频分复用调制（Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM）是一种无线环境下的高速传输技术，该技术的基本原理是将高速串行数据变换成多路相对低速的并行数据并对不同的载波进行调制。

与传统的频分复用调制方法中各个子载波的频谱互不重叠不相同，OFDM调制各子载波上的频谱相互重叠，但这些频谱在整个符号周期内满足正交性，从而保证接收端能够不失真地复原信号。

当传输信道中出现多径传播时，接收子载波间的正交性就会被破坏，使得每个子载波上的前后传输符号间以及各个子载波间发生相互干扰。为了解决这个问题，在每个OFDM传输信号前面插入一个保护间隔，它是由OFDM信号进行周期扩展得到的。只要多径时延不超过保护间隔，子载波间的正交性就不会被破坏。

若要实现OFDM调制，需要利用一组正交的信号作为子载波，再以码元周期为 T 的不归零方波作为基带码型，经调制后送入信道传输。

OFDM调制要发送的串行二进制数据经过数据编码形成了 M 个复数序列，此复数序列经过串并变换后得到码元周期为 T 的 M 路并行码，码型选用不归零方波，用这 M 路并行码调制 M 个子载波来实现频分复用。

在接收端也是这样一组正交信号在一个码元周期内分别与发送信号进行相关运算实现解调，恢复出原始信号。

当 M 很大时，上述方法所需设备非常复杂，系统非常昂贵，为了降低复杂度和成本，本发明用快速傅立叶变换（FFT）和反变换（IFFT）来实现上述的功能：在发送端对 $F(m)$ 做IFFT，把结果经信道发送到接收端，然后对接收到的信号再做FFT，则可以不失真地恢复出原始信号 $F(m)$ 。

本实施例中根据IFFT的运算点数，系统支持两种模式，即1K（1024）模式和4K（4096）模式。

如图 15 所示,在 IFFT 实现中,记 IFFT 运算的正交子载波序号为 i , $i_{\min}=0$, 对于 1K 模式 $i_{\max}=1023$, 对于 4K 模式 $i_{\max}=4095$ 。

在本实施例中,有效子载波数量在 4K 模式下为 3120,在 1K 模式下为 780 除有效子载波外的正交子载波称为虚拟子载波,虚拟子载波提供相邻频道(每频道 8.00 MHz)间的保护带,DC 子载波也作为虚拟子载波,虚拟子载波数量分别是 976/244,分别对应于 4K 和 1K 模式。

1K 模式: $m=1, 2, \dots, 780$, 当 $m \leq 390$ 时, $i(m)=m$; 当 $m > 390$ 时, $i(m)=243+m$;

4K 模式: $m=1, 2, \dots, 3120$, 当 $m \leq 1560$ 时, $i(m)=m$; 当 $m > 1560$ 时, $i(m)=975+m$;

其中, m 为有效子载波序号, $i(m)$ 为该有效子载波对应的 IFFT 正交子载波序号。

在 OFDM 时间轴上,如图 4 所示,OFDM 符号序号为 n , $n=0, 1, 2, \dots, N-1$, 每帧开始时 OFDM 符号的时间序号置为 0, OFDM 符号的总数 n 随具体配置不同而变化,见表 2 和表 3。

表 2 4K 模式配置参数

每帧 (20 ms) 包含的 OFDM 符号数	符号长度 (us)	符号前缀长度 (us)	符号前缀所占开销	信标保护间隔长度 (us)
38	512.0	102.4	1/4	135.4
42	460.8	51.2	1/8	237.8
45	435.2	25.6	1/16	7.4
46	422.4	12.8	1/32	161.0

表 3 1K 模式配置参数

每帧 (20 ms) 包含的 OFDM 符号数	符号长度 (us)	符号前缀长度 (us)	符号前缀所占开销	信标保护间隔长度 (us)
153	128.0	25.6	1/4	7.4
170	115.2	12.8	1/8	7.4
180	108.8	6.4	1/16	7.4
185	105.6	3.2	1/32	55.4

根据 OFDM 数据块中每帧符号前缀的长度,1K 模式和 4K 模式分别有四种

不同的配置方式，符号前缀长度可以是 IFFT 长度的 1/4、1/8、1/16、或者 1/32，系统工作模式中每帧包含的 OFDM 符号数、符号长度、符号前缀长度、符号、信标保护间隔长度的关系如表 2 和表 3 所示。

如图 15 所示，信号基带采样率为 10.00Msps (samples per second)

本实施例的 OFDM 符号传输三种类型的信号，即连续导频信号、离散导频信号和数据信号：

如图 13，图 14 所示，三种类型的信号分布情况为：

a) 连续导频信号：

1K 模式下的连续导频的子载波序号可用 1、780、390、391、 $48p+q+1$ 和 $48p+s+1$ 表示，其中 $1 \leq p \leq 6$ 、 $s=395-q$ ；

4K 模式下的连续导频的子载波序号可用 1、3120、1560、1561、 $48p+q+1$ 和 $48p+s+1$ 表示，其中 $1 \leq p \leq 30$ 、 $s=1583-q$ ；

q 决定跳变图样： $q = \text{mod}(\text{帧序号}, 20)$ ；

连续导频取值为+1。

b) 离散导频信号：

离散导频信号，其位置坐标用 (m, n) 表示，其中 m 和 n 分别是频率和时间轴指示，其取值规则如下：

1K 模式下： $m=3p+1+\text{mod}(q, 3)$ ， $n=4q$ ， $p=0, 1, 2, \dots, 259$ ， $q=0, 1, 2, \dots, 38, 42, 44, 46$ ，其中，38, 42, 44, 46 分别对应于符号前缀长度 1/4, 1/8, 1/16, 1/32。

4K 模式下： $m=4p+1+\text{mod}(q, 4)$ ， $n=3q$ ， $p=0, 1, 2, \dots, 779$ ， $q=0, 1, 2, \dots, 12, 13, 14, 15$ ，其中，12, 13, 14, 15 分别对应于符号前缀长度 1/4, 1/8, 1/16, 1/32。

c) 数据信号

如图 13，图 14 所示，数据信号按子载波、OFDM 符号的前后顺序映射数据信号。若在每帧的末尾存在多余的数据子载波，则将这些数据子载波填充 +1 值，然后和连续、离散导频一起构成 OFDM 频域符号，进行 OFDM 调制。

3. 帧结构

本实施例帧结构如图 4 所示，包括信标和 OFDM 调制数据块。

1) 信标

信标结构如图 5 所示，表现为 2 个相同的长同步信号 L (1) 和 L (2)、8 个经过调制的短同步信号 S (1)、S (2)、……、S (8)，以及填 0 保护间隔。

其中，长同步信号为频带受限的随机序列，占用每个频道 8MHz 中的 7.62MHz 带宽，长度为 1023 个采样，其生成多项式为 $x^{10}+x^9+x^8+x^6+x^4+x^2+1$ ，预设值为 00 0000 0001，其发射功率相对于普通 OFDM 符号提高 3dB

短同步信号也采用频带受限的随机序列，其占用每个频道 8MHz 中的约 7.62MHz 带宽，长度为 255 个采样，生成多项式为 $x^8+x^4+x^3+x^2+1$ ，预设值为 0000 0001，采用 BPSK 映射 (0 → -1, 1 → +1)，每个随机序列携带 1 比特信息，共携带 8 比特信息，所有偶数序短同步额外旋转 $\pi/4$ 。

频带受限的随机序列 (PN 序列) 生成方法如图 6、7 所示，长同步和短同步频带受限的随机序列的生成方法表述如下：

$$b(t) = \sum_{i=0}^{N-1} w(i) \cdot PN(i) \cdot e^{j2\pi i t / N}, i = 0, 1, 2, \dots, 1023/255, t = 0, 1, 2, \dots, 1022/254$$

其中， $b(t)$ 是时域的同步序列； $j = \sqrt{-1}$ ； N 是 IFFT 的点数，对长同步序列， $N=1024$ ，对短同步序列， $N=256$ ； i 是 $0 \sim 1023/255$ 的频域变量， t 是 $0 \sim 1022/254$ 的时间变量。

其中， $PN(i)$ 是根据上述生成多项式产生的长同步/短同步随机序列并填充一个 '0' 以达到 1024/256 的序列长度，然后经 $0 \rightarrow -1, 1 \rightarrow +1$ 映射； $w(i)$ 是频域滤波窗函数，如下所示

$$w(i) = \begin{cases} 1 & , \quad 1 \leq i \leq 390/98 \quad \text{or} \quad 1023/255 \geq i \geq 634/159 \\ 0 & , \quad \text{else} \end{cases}$$

其中， i 是 $0 \sim 1023/255$ 的频域变量

8 个信息比特定义为第 0~2 比特表示操作模式，第 3~7 比特表示 mod (帧序号, 20)。

第 0~2 比特表示不同的操作模式

000: 1K 模式，符号前缀=1/4

001: 1K 模式，符号前缀=1/8

010: 1K 模式，符号前缀=1/16

011: 1K 模式, 符号前缀=1/32

100: 4K 模式, 符号前缀=1/4

101: 4K 模式, 符号前缀=1/8

110: 4K 模式, 符号前缀=1/16

111: 4K 模式, 符号前缀=1/32

信标信号的发射功率相对于普通 OFDM 符号提高 3dB。

2) OFDM 调制数据块

如图 4 所示, OFDM 调制数据块由 OFDM 符号 0, OFDM 符号 1, ……., OFDM 符号 N-1 组成, 每个 OFDM 符号包括 OFDM 符号前缀 (CP) 和快速付里叶反变换 (IFFT) 数据块。

3. 比特交织

本实施例中比特交织器的工作原理如图 8 所示, 比特交织器和解交织器概念如图 9 所示。

比特交织器如图 8 所示, 是为了对抗多径信道中的信号衰落, 交织器对输入的比特流进行重新排列交织的一种交织模块。

如图 8 所示, 比特交织器以 32 比特为单位工作。32 比特中的第 1 比特延迟为 0, 第 2 比特延迟为 $32 \times 8 \times m$, 第 3 比特延迟为 $32 \times 16 \times m$, 第 4 比特延迟为 $32 \times 24 \times m$, 第 5 比特延迟为 $32 \times m$, ……., 第 32 比特延迟为 $32 \times 31 \times m$ 。其中, m 为整数, 其取值如表 4 所示。

其取值规则是: 第 n 比特的延迟为 $32 \times p(n) \times m$, 其中 $p(n) = (n-1)/4 + 8 \times ((n-1)\%4)$, 这里的除法是整数除, %是取余数运算。

针对不同广播信道, 比特交织器的时延可以通过导频信道中的导频数据, 从表 4 中定义的 8 种可能的位置中选择。

表 4 比特交织可供选择的位置

位置	m 值
0	0
1	53
2	109
3	218
4	436
5	654
6	981
7	1308

4. 星座映射

本实施例的系统采用 BPSK 对控制信道进行 BPSK 星座映射, 如图 10 所示所示 BPSK 映射中, 功率归一化因子为 $1/\sqrt{2}$, 每比特映射为一个 BPSK 符号, 0 在 I 路和 Q 路均映射为 +1, 1 在 I 路和 Q 路均映射为 -1。

广播信道数据流使用 QPSK 对内容进行调制, 如图 11 所示, QPSK 星座映射中, 功率归一化因子为 $1/\sqrt{2}$, 将 2 比特映射成载波的 4 个相位之一, 由于前后比特之间是独立的, 因此 QPSK 前后符号之间的载波相位转移可以是 00、01、10、11。

5. 扰码

所谓扰码, 就是不用增加多余的码元而搅乱信号, 改变数字信号的统计特性, 使其近似于白噪声统计特性, 这样就可以卫星通信系统的设计和性能估计带来很大的方便。

本实施例中, 时频格栅上的所有符号 (有效子载波), 包括数据子载波、离散导频和连续导频等, 均被一个复伪随机二进制序列 (PRBS) 扰码, PRBS 序列生成多项式为 $x^{10}+x^3+1$, 移位寄存器初始值为 0000000001, 生成方法如图 12 所示。

PRBS 在每帧开头重置, 故所有帧都被相同图样扰码。Si, Sq 以 0→-1,

1-→+1 的方式映射到实数域，并以 $S_i + jS_q$ 的形式生成复扰码序列，其中， S_i 和 S_q 分别是复扰码序列的实部和虚部。

6. 滤波

本实施例的系统采用时域成形滤波器，可以是 FIR 滤波器，其满足了信号带宽内纹波衰减 <1dB，带宽外衰减 >50dBc，达到卫星广播的要求。

7. 控制信道

在本实施例中，控制信道采用 1/2 码率，码长为 1152 的 LDPC 编码，不采用比特交织，采用 BPSK 星座映射，功率比负载码道高 3dB，以实现快速解码和更好的抗差错性能。

如图 16 所示，控制信道信息以 2 个 LDPC 块的 144 个字节为周期重复发送，其中包括 1 个字节的全体控制信息，133 个字节的各负载信道构成信息，6 个字节的接收器启动附加信息和 4 个字节的 CRC 循环冗余校验信息。其中，CRC 的生成多项式为 $G(X) = X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$ 。

1) 全体控制信息

图 17 是全体控制信息的构成，其中识别信息定义如表 5 所示；接收器启动信息为 1 时表示传送紧急广播，需要促进接收器的启动，为 0 时表示未传送紧急广播。

表 5 识别信息定义

值	含义
00000000	未定义
00000001-00111111	扩展信息
01000000	负载信道构成信息和接收机启动信息
0100001-11111110	扩展信息
11111111	未定义

2) 负载信道构成信息

图 18 是各负载信道构成信息，133 个字节以 7 个字节为单位，分别表示第 1 到第 19 负载信道的构成信息。

每个负载信道的构成如图 19 所示，其中符号映射方式定义如表 6 所示，

编码率如表 7 所示，交织方式为比特交织，其参数 m 值的定义如表 8 所示，TS_ID 表示正在广播紧急广播节目的传输流识别符，其中，PID 最大值和 PID 最小值分别表示节目编号的最大值和最小值。

表 6 符号映射方式

比特	映射方式
0	BPSK
1	QPSK

表 7、编码率定义

比特	编码率
000	长 1/2
001	长 5/8
010	长 7/8
011	短 1/2
100	短 5/8
101	短 7/8
110	保留
111	保留

表 8、交织方式

比特	交织的 m 值
000	0
001	53
010	109
011	218
100	436
101	654
110	981
111	1308

3) 接收器启动时的附加信息

如图 20 所示，接收器启动时的附加信息当全体控制信息的接收器启动信息为 1 时有效，表示紧急广播的相关信息，在接收器启动信息为“0”时，6

个字节全为“0”。其中，类别表示接收器启动时附加信息的紧急性级别；区域码表示紧急广播的对象区域；TS_ID 表示正在广播紧急广播节目的传输流识别符；广播节目号识别符表示紧急广播节目的广播节目号。

本实施例是为了更好地理解本发明进行的详细的描述，而并不是对本发明所保护的范围的限定，因此，本领域普通技术人员不脱离本发明的主旨情况下，未经创造性劳动而对本明所做的改变，是在本发明的保护范围内的。

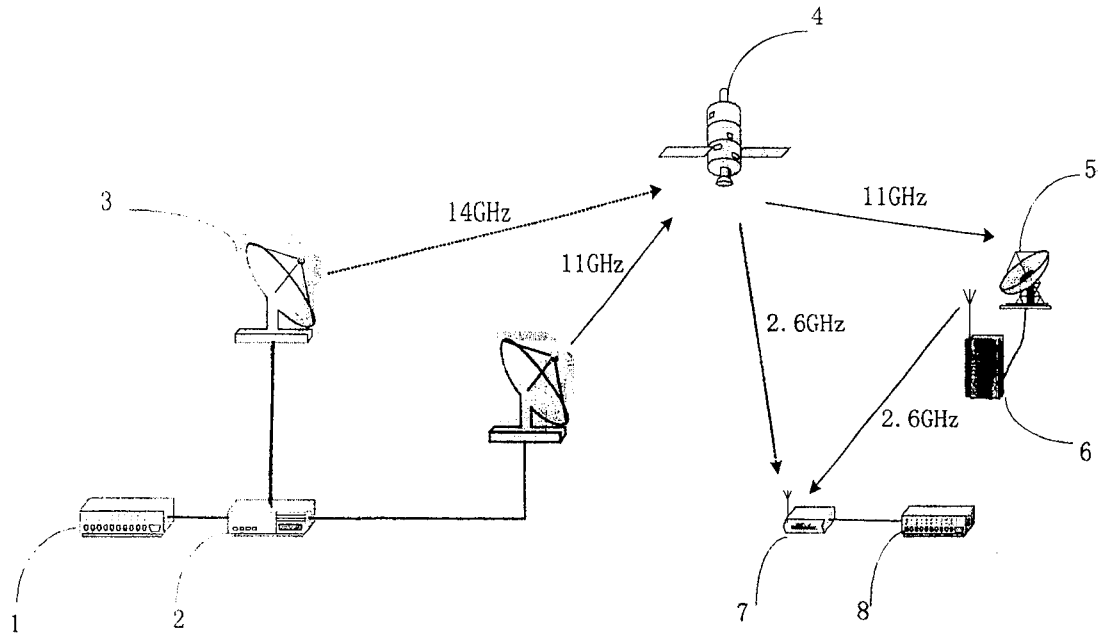


图 1

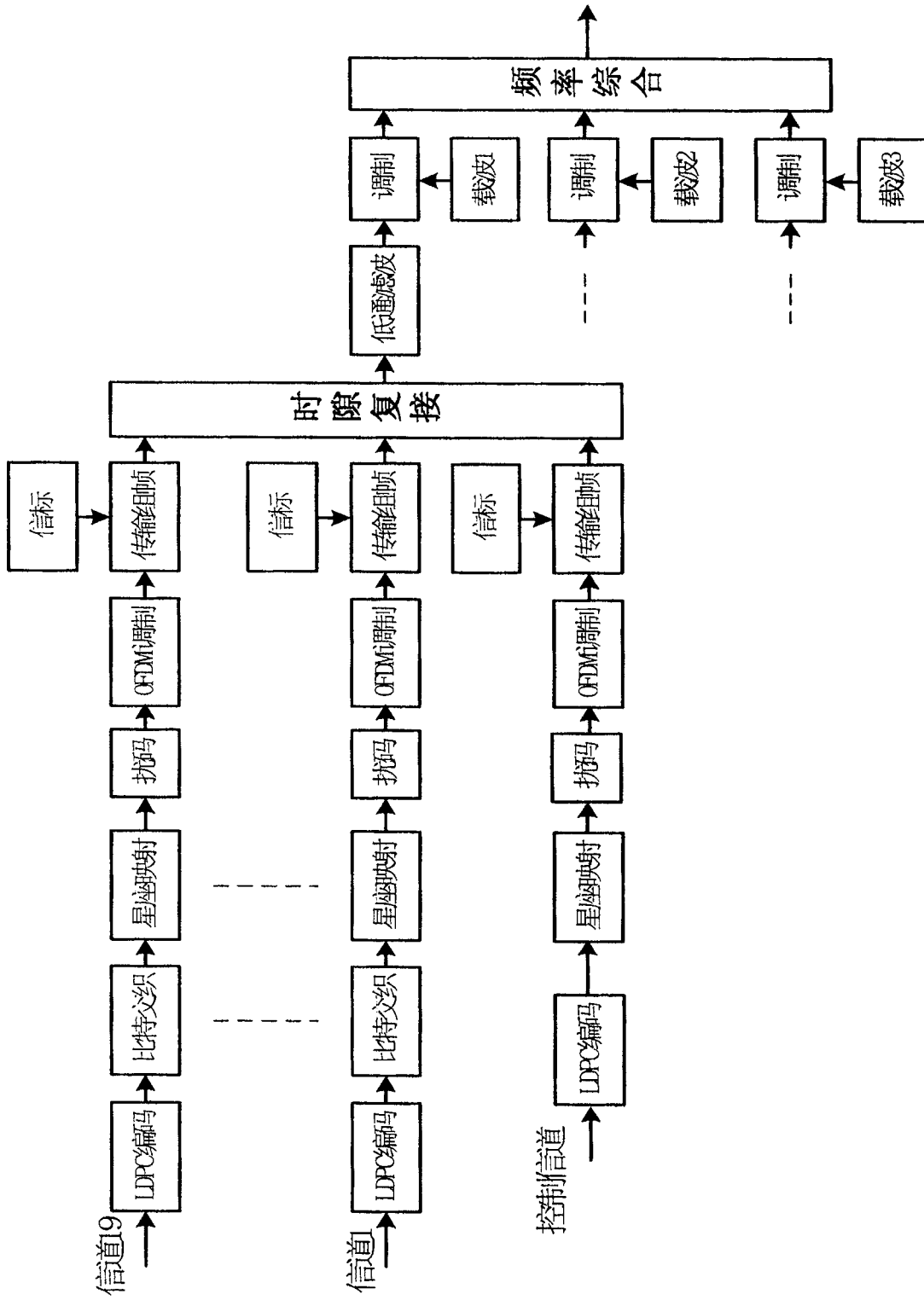


图 2

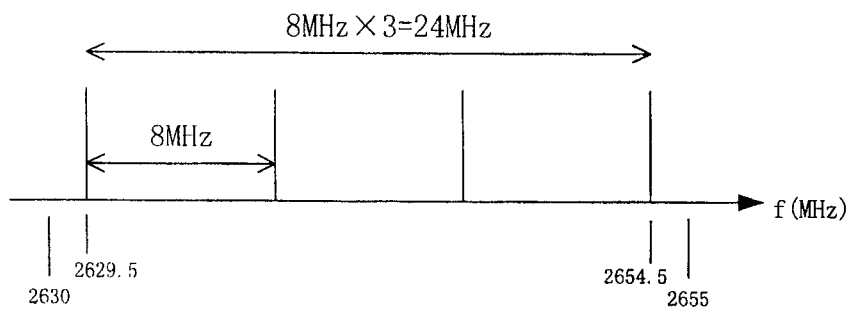


图 3

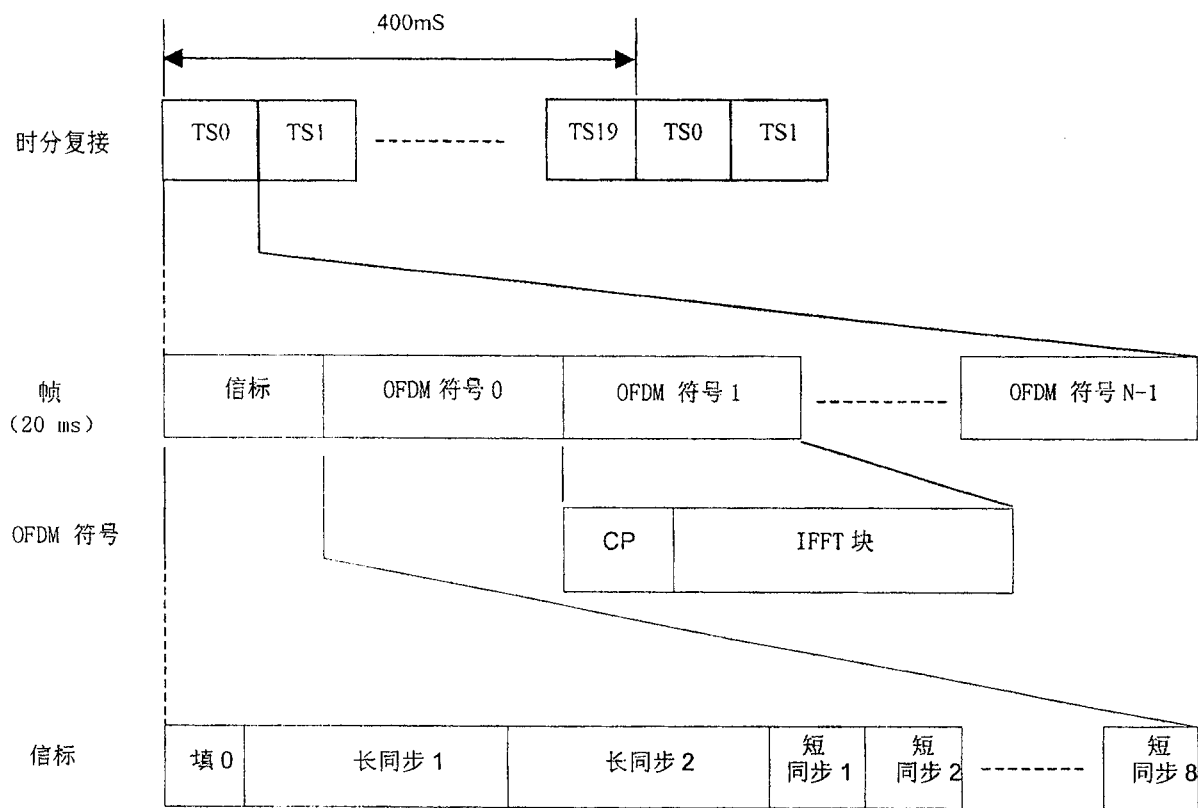


图 4

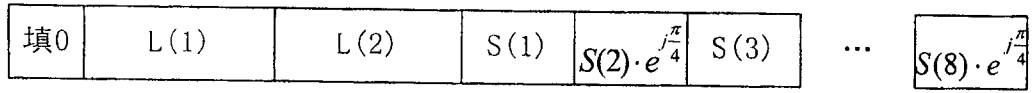


图 5

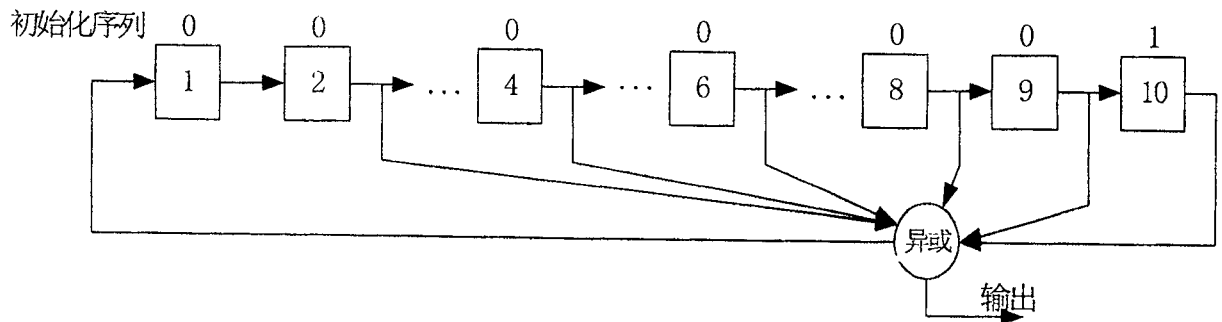


图 6

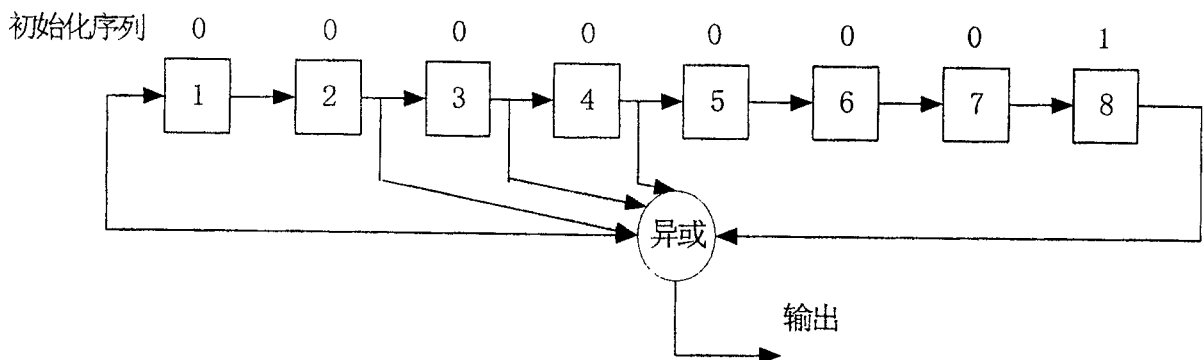


图 7

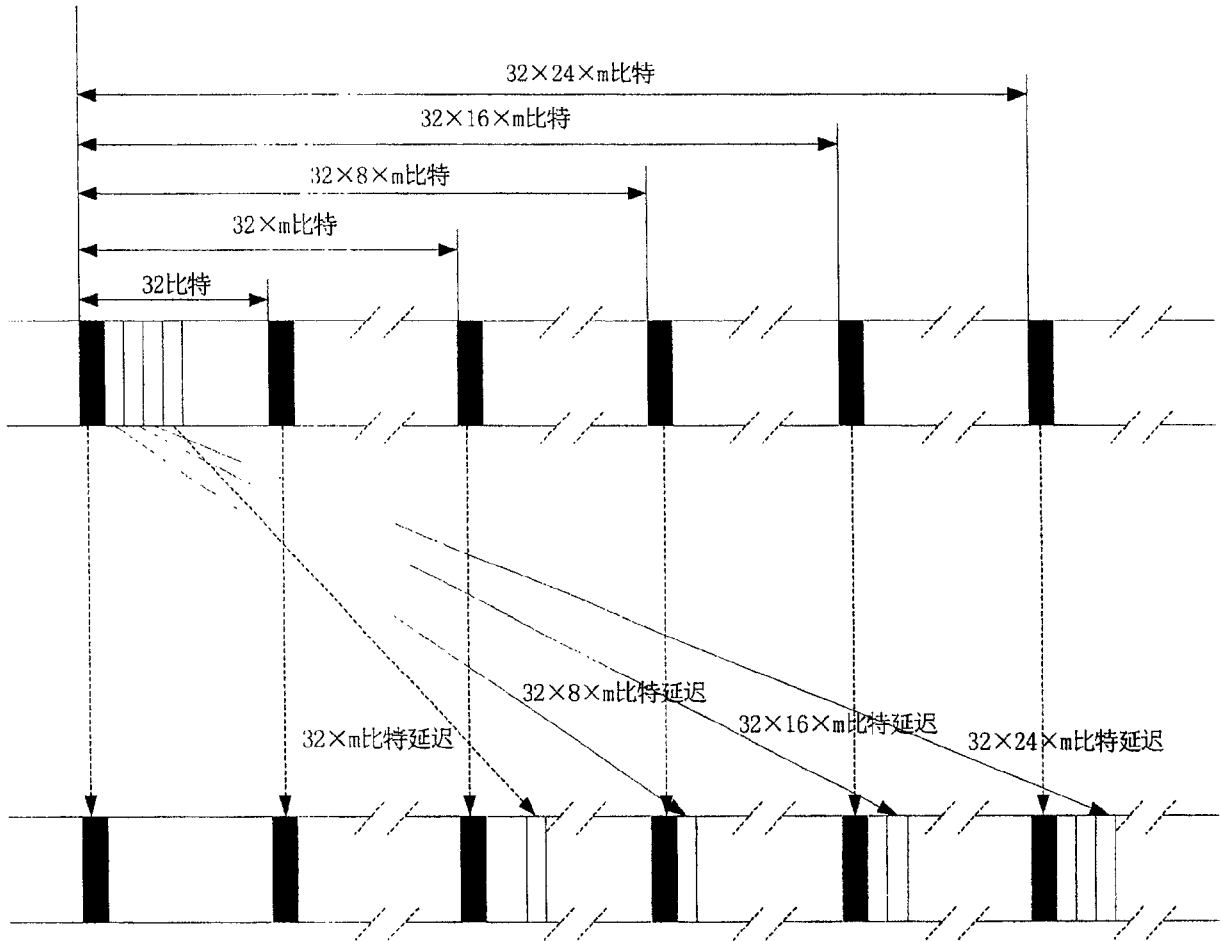


图 8

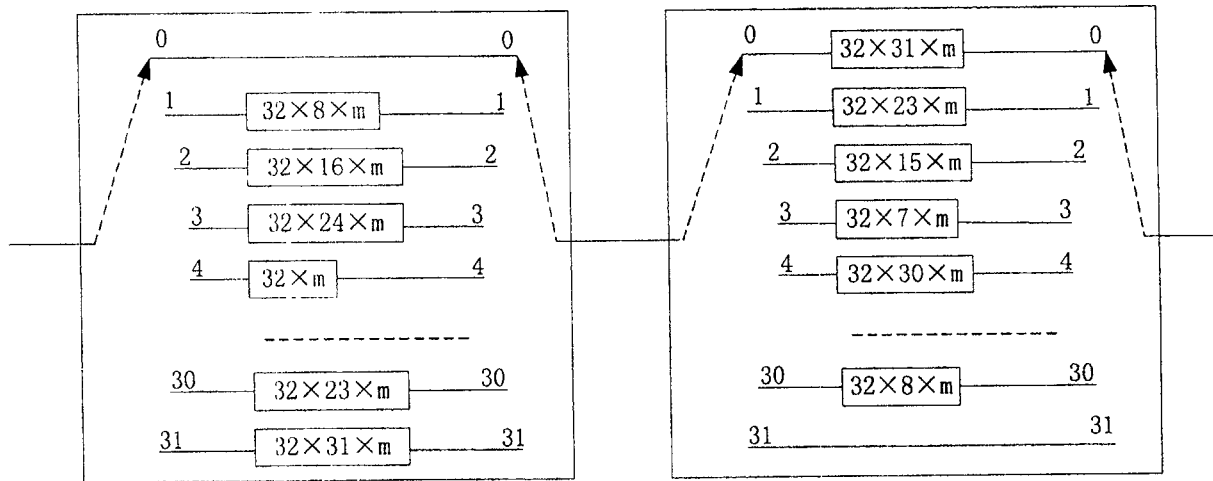


图 9

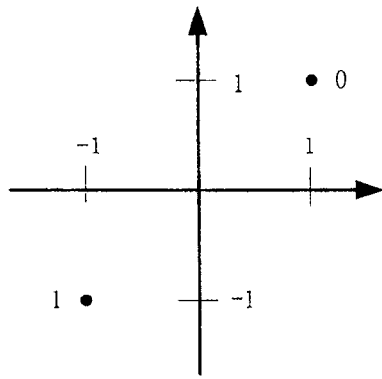


图 10

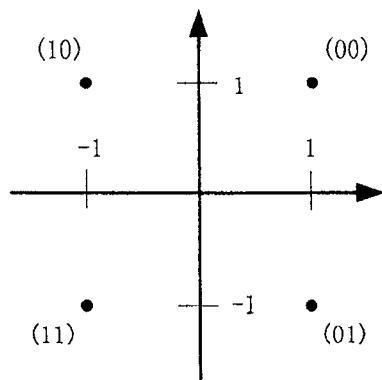


图 11

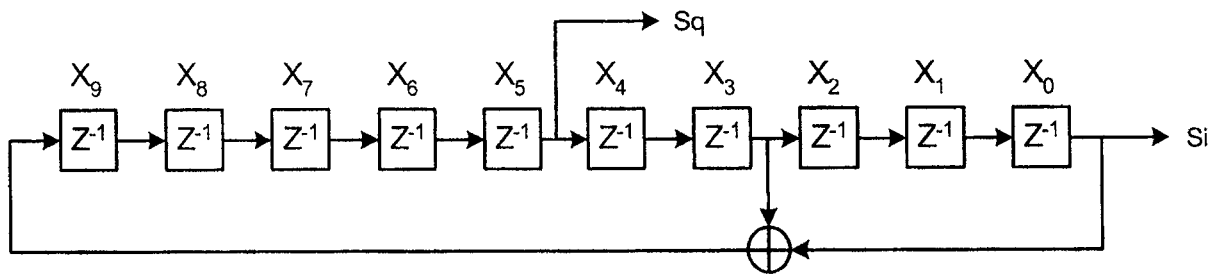


图 12

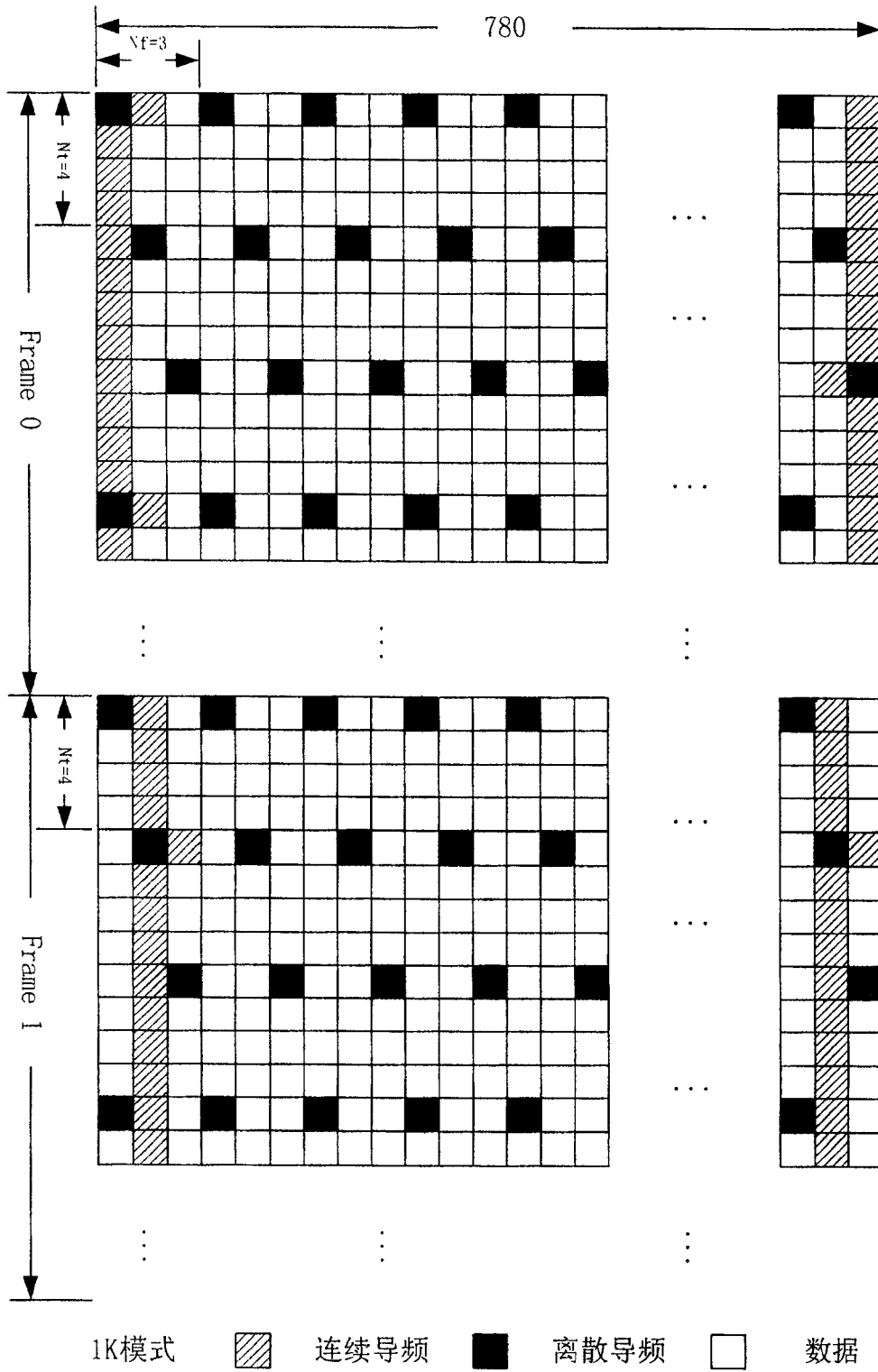


图 13

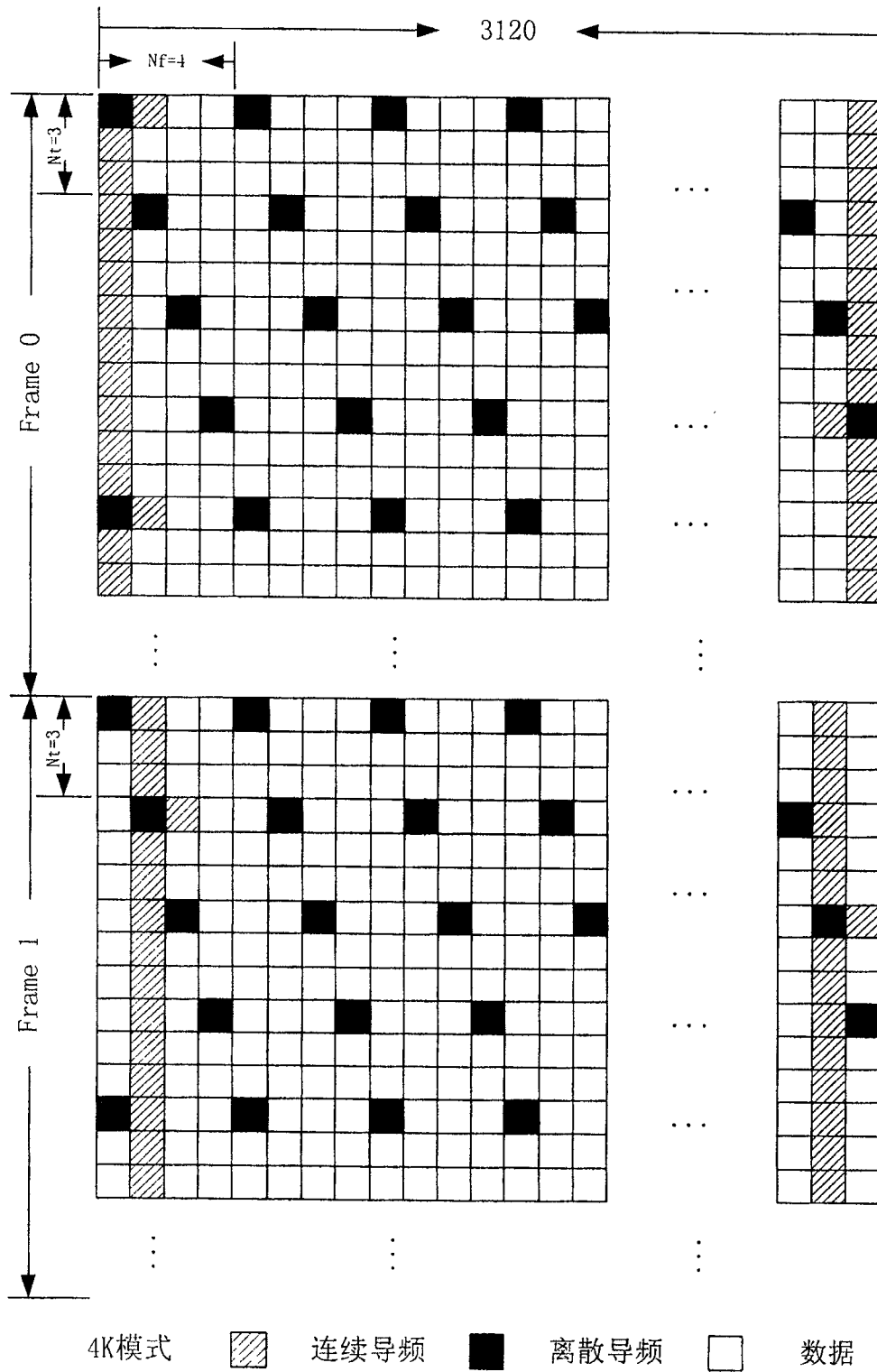


图 14

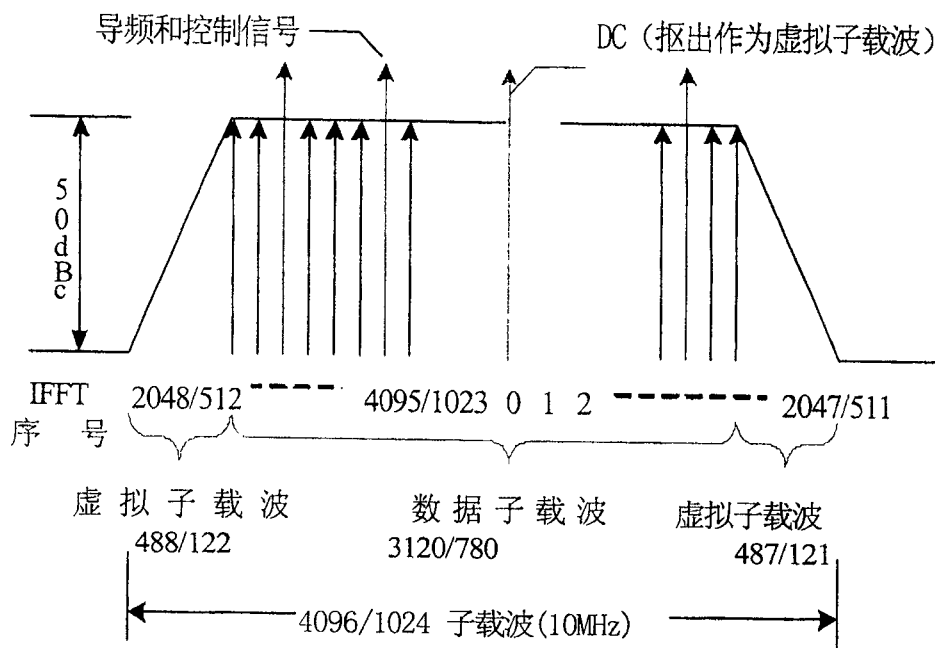


图 15

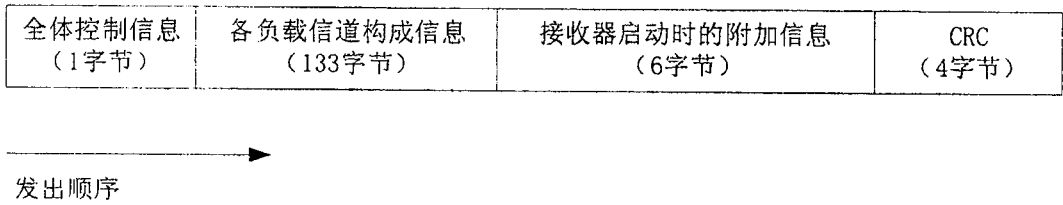


图 16

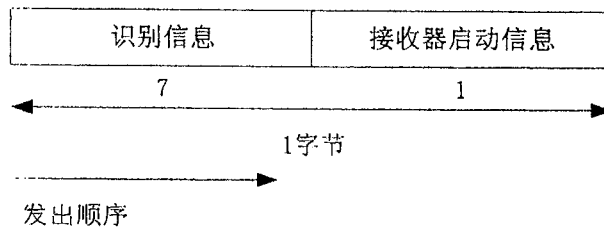


图 17

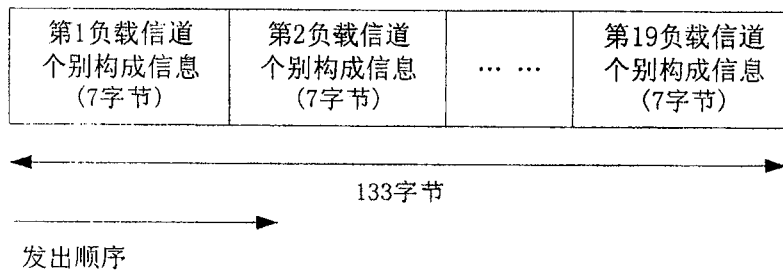


图 18

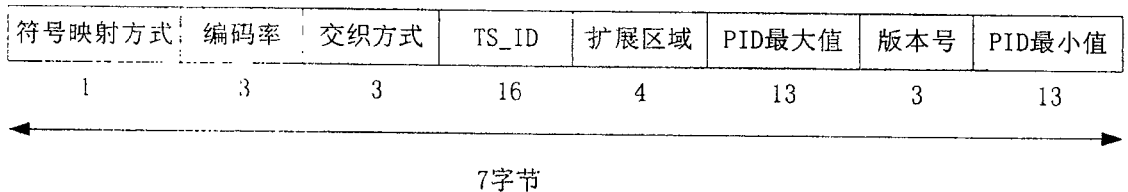


图 19

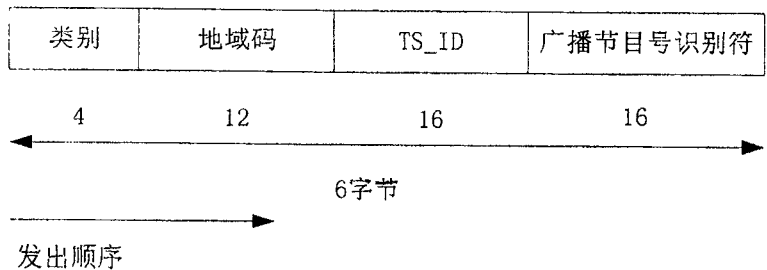


图 20