



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103812552 B

(45) 授权公告日 2016.03.23

(21) 申请号 201410036085.9

CN 101789809 A,2010.07.28,

(22) 申请日 2014.01.24

US 6044071 A,2000.03.28,

(73) 专利权人 中国人民解放军国防科学技术大学

审查员 李小朋

地址 410073 湖南省长沙市砚瓦池正街 47 号中国人民解放军国防科学技术大学机电工程与自动化学院

(72) 发明人 陈建云 周永彬 郭熙业 孟志军 李献斌 林金茂

(74) 专利代理机构 湖南兆弘专利事务所 43008 代理人 周长清

(51) Int. Cl.

H04B 7/185(2006.01)

H04B 17/00(2015.01)

(56) 对比文件

CN 102333057 A,2012.01.25,

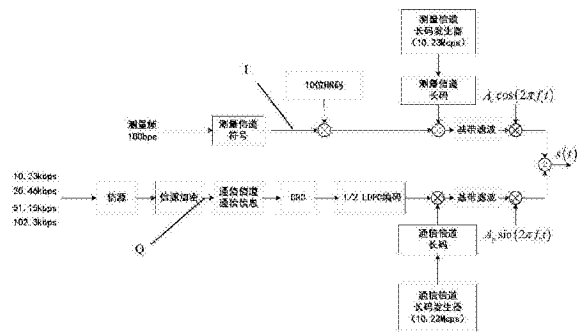
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

一种测距通信一体化的星间链路无线通讯方法

(57) 摘要

本发明公开了一种测距通信一体化的星间链路无线通讯方法，所述信号结构在一个测量通信时隙内分为前导、信号、保护带三个时段；前导时段：前导时段为 BPSK 调制模式，仅存在测距信道；信号时段：信号时段为 UQPSK 调制模式，包括测距信道和通信信道，测距信道和通信信道进行短码扩频，采用正交扩频码，测距信道和通信信道的信道功率根据链路预算进行配比；保护带时段：保护带时段不小于所有卫星节点间最大距离传输时延。本发明可在卫星收发两端建立双向链路完成精密测距和通信功能，测距信道可同时作为通信信道的同步和控制信道使用。



1. 一种测距通信一体化的星间链路无线通讯方法,其特征在于,在一个测量通信时隙内分为前导、信号、保护带三个时段;

前导时段:前导时段为 BPSK 调制模式,仅存在测距信道;

信号时段:信号时段为 UQPSK 调制模式,包括测距信道和通信信道,测距信道和通信信道进行短码扩频,采用正交扩频码,测距信道和通信信道的信道功率根据链路预算进行配比;

保护带时段:保护带时段不小于所有卫星节点间最大距离传输时延。

2. 根据权利要求 1 所述的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法,其特征在于,所述测距信道调制多个低速率测距帧,测距帧包含同步头、测距帧号、通信信道速率指示;通信信道调制多个可变速率通信帧,每个通信帧同步于测距信道特定测距帧相位,通信信道的通信速率由测距帧相关信息指示。

3. 根据权利要求 1 所述的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法,其特征在于,在所述通信信道中编排有多个信元帧,每个信元帧分别设置有通信帧路由控制域、通信帧参数控制域、通信帧 ARQ 控制域、通信帧数据域、通信帧 FEC 控制域;每个信元帧采用信道编码提高纠错能力,信道编码选择使用 1/2 卷积编码、1/2 Turbo 编码或 1/2 LDPC 编码之一。

4. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法,其特征在于,所述信号结构的信号表达式如下:

$$S_{ISL}^j = A_c C^j(t) D_c^j(t) n(10, t) \cos(2\pi f_{ISL} t + \varphi_c^j) + A_p P^j(t) D_p^j(t) \sin(2\pi f_{ISL} t + \varphi_p^j)$$

式中:j:表示卫星编号;

$A_c$ :表示调制于各频点载波测距信道的测距扩频码振幅;

$A_p$ :表示调制于各频点载波通信信道的通信扩频码振幅;

$C$ :表示测距信道测距扩频码;

$P$ :表示通信信道通信扩频码;

$D_c$ :表示测距信道测距扩频码上调制的数据码;

$D_p$ :表示通信信道通信扩频码上调制的数据码;

$f$ :表示星间链路载波频率;

$\varphi$ :表示星间链路载波初相;

$n(10, t)$ :长度为 10 个基码的 NH 码;

其中,测距信道扩频码上加有 HN 同步,测量子帧 100bps 速率下采用 NH(10) 编码方案,基码宽度为 1ms, NH(10) 周期 10ms;测量通道的 NH 码其起始点与 100sps 速率的编码数据字符的前沿对齐,所有卫星采用的 NH 码都是一样的,即:

$$n(10) = \{+1, +1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, +1, -1\}。$$

5. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法,其特征在于,所述信号结构中采用成对的周期为 10230 基码的码发生器,采用码长为 10230 位的截短戈尔德码,由两个异步截短线性移位寄存器码模叠加形成;两个 13 级最大长度的序列发生器生成的扩频码序列分别为  $XA(i)$  以及  $XB(i)$ ,两者的码周期均为 8191 个基码。

6. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法,其特征在于,在所述测距信道中的信号帧为:数据码速率为 100bps,每个测量子帧帧长为 T 秒,包

含 25bit 测量信息 ;测距信道 6T 秒建链时间包含 1 个 T 秒测量子帧作为前导域,4 个 T 秒测量子帧作为测量域,最后 T 秒作为保护带 ;测量子帧测量信息包括帧同步头、帧计数、通信信道速率指示三个部分,其中测距信道扩频码上加有 HN 同步,测量子帧 100bps 速率下采用 NH(10) 编码方案,基码宽度为 1ms,NH(10) 周期 10ms ;测距信道的 NH 码其起始点与 100sps 速率的编码数据字符的前沿对齐,所有卫星采用的 NH 码相同。

7. 根据权利要求 6 所述的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法,其特征在于,所述测距信道的信号帧中测量帧头字段为 20bit 长,采用序列为 20bit 的 NH 码,序列拥有最小的自相关旁峰,所有卫星采用的 NH 码都相同 ;测量帧号字段为 3bit 长,表示了一个测量通信帧内测量子帧序号,帧号范围为 0-4,6T 秒测量发起时每颗卫星测量帧号从零开始计数,帧序号随每次测量帧递增,其中前导 FR1 测量帧号为 0 ;速率指示字段为 2bit 长,用于指示通信信道信息速率,指示四个速率档位 ;速率指示字段为 0 表示第一个速率档位,速率指示字段为 1 表示第二个速率档位,速率指示字段为 2 表示第三个速率档位,速率指示字段为 3 表示第四个速率档位。

8. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法,其特征在于,在所述通信信道中的信号帧为 :每个通信帧都是与测量伪码周期对齐的,每个通信数据帧信息长度为 2046bit,通信信道信息速率的基准速率为 2.046kbps。

## 一种测距通信一体化的星间链路无线通讯方法

### 技术领域

[0001] 本发明主要涉及到无线通信与测量技术领域,特指一种适用于卫星星间链路通信与精密测量的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法。

### 背景技术

[0002] 空间飞行器技术经过几十年的发展,已广泛应用在与人类社会密切相关的气象、海洋、资源、通讯、导航定位以及空间探测等诸多方面,其给人类社会带来的益处也有目共睹。不过,从事上述研究的飞行器绝大部分是一个或多个系列化的独立卫星,在科学研究越来越复杂、要求越来越高的今天,这些卫星被设计得越来越大、越来越复杂,与之相伴的便是成本大幅提高,研制周期加长,风险增加。我国作为一个航天大国面临着同样的问题,国际上许多发达国家早已将发展快速、灵活、高效的卫星系统列入航天技术的重中之重,如美国在上世纪末推出的“新盛世”计划中提出建立包含多颗空间飞行器和与其相互协同的基础设施的闭环分布式空间系统(DSS),该系统在空间上分布成网,协同完成同一项功能。这种虚拟卫星的形成实际上是由卫星系统自主导航技术支持的,卫星系统自主导航能在失去地面站支持的情况下,导航卫星自主完成轨道确定、时间基准维持以及卫星相互之间位置的确定等功能。

[0003] 星间相对状态信息的获取是保证自主导航和编队星座正常运行的前提,因此卫星自主导航定位的核心是要完成星间精密测距以高精度自主确定编队星座星间相对状态。以星间精密测距为基础的卫星系统自主导航技术被认为是空间技术应用领域的革命性突破技术。传统卫星网的定轨与跟踪依靠陆基测控网完成,这种方法本身存在着测量弧段较短和测量目标较多的困难,同时随着卫星数量的不断增加,单纯依靠陆基测控网进行卫星的定轨与跟踪将难以承受多个目标卫星观测带来的高负荷数据传输与处理。通过自主导航定位可以使卫星网在一定时间内无需地面测控设备的支持,仅依靠空间设备完成自身的定位、定轨任务,减轻地面工作负担,同时空间卫星之间相对测量可以有效地避免大气层带来的测量误差,有利于测量精度的提高。卫星网摆脱地面测控设备束缚还可以大大提高卫星导航系统在战时电子战环境下地面站损毁时导航系统的生存能力。卫星自主定位技术还是编队星座建立的核心技术,随着对测量精度日益增长的要求,用单颗卫星完成高精度要求的空间任务,不可避免的会增加单颗卫星的体积、复杂性及研制费用等。而利用卫星编队技术,由多颗卫星通过相互协调编队飞行,构成一定的空间分布来共同完成任务,这相对于采用单颗卫星独立完成任务,有着明显的优势甚至可以完成许多单颗卫星不可能完成的任务。由编队飞行组成分布式卫星系统具有很强的适应性和可扩张性,可根据任务需求调整卫星编队的构形和卫星数量。编队飞行最具应用前景的是对地全球遥感、三维立体观测、电子侦察、导航和通信以及深空探测(星载干涉仪)等领域。由编队飞行组成分布式卫星系统可提供大的观测孔径和长的测量基线,极大地促进了星载干涉测量、全球遥感、目标跟踪领域的发展。

[0004] 传统的基于扩频体制的无线信号结构设计上是为了满足单一测量或通信要求而

设计,因为测距和通信对信号的结构要求是不同的,测距要求有足够长的观测时间,因此希望调制信息速率低,而通信要求在短时间内进行大容量的数据传输,因此希望通信速率高,因此在单一信号调制结构内难以统一。其次传统的基于扩频体制的卫星通信系统大多是单一速率工作,无法基于自身信号结构快速实现信息速率的无缝调整以适应信道变化或抗干扰要求,一般研制的卫星扩频通信接收机、发射机进行信息速率调整时对系统软硬件调整大。因此随着导航、测控、卫星编队等领域对卫星星间链路的要求的不断提升,迫切需要一种具有测量通信统一框架设计方法,可以实现卫星载荷简单有效变速率通信的信号结构设计。

## 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题就在于:针对现有技术存在的技术问题,本发明提供一种可在卫星收发两端建立双向链路完成精密测距和通信功能、测距信道可同时作为通信信道的同步和控制信道使用的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0007] 一种测距通信一体化的星间链路无线通讯方法,所述信号结构在一个测量通信时隙内分为前导、信号、保护带三个时段;

[0008] 前导时段:前导时段为 BPSK 调制模式,仅存在测距信道;

[0009] 信号时段:信号时段为 UQPSK 调制模式,包括测距信道和通信信道,测距信道和通信信道进行短码扩频,采用正交扩频码,测距信道和通信信道的信道功率根据链路预算进行配比;

[0010] 保护带时段:保护带时段不小于所有卫星节点间最大距离传输时延。

[0011] 作为本发明的进一步改进:所述测距信道调制多个低速率测距帧,测距帧包含同步头、测距帧号、通信信道速率指示;通信信道调制多个较高的可变速率通信帧,每个通信帧同步于测量信道特定测距帧相位,通信信道的通信速率由测距帧相关信息指示。

[0012] 作为本发明的进一步改进:在所述通信信道中编排有多个信元帧,每个信元帧分别设置有通信帧路由控制域、通信帧参数控制域、通信帧 ARQ 控制域、通信帧数据域、通信帧 FEC 控制域;每个信元帧采用信道编码提高纠错能力,信道编码选择使用 1/2 卷积编码、1/2Turbo 编码或 1/2LDPC 编码之一。

[0013] 作为本发明的进一步改进:所述信号结构额的信号表达式如下:

[0014]

$$S_{ISL}^j = A_c C^j(t) D_c^j(t) n(10, t) \cos(2\pi f_{ISL} t + \varphi_c^j) + A_p P^j(t) D_p^j(t) \sin(2\pi f_{ISL} t + \varphi_p^j)$$

[0015] 式中:j:表示卫星编号;

[0016]  $A_c$ :表示调制于各频点载波测距信道的测距扩频码振幅;

[0017]  $A_p$ :表示调制于各频点载波通信信道的通信扩频码振幅;

[0018]  $C$ :表示测距信道测距扩频码;

[0019]  $P$ :表示通信信道通信扩频码;

[0020]  $D_c$ :表示测距信道测距扩频码上调制的数据码;

[0021]  $D_p$ :表示通信信道通信扩频码上调制的数据码;

[0022]  $f$ :表示星间链路载波频率;

[0023]  $\varphi$ :表示星间链路载波初相;

[0024]  $n(10, t)$ :长度为 10 个基码的 NH 码;

[0025] 其中,测距信道扩频码上加有 HN 同步,测量子帧 100bps 速率下采用 NH(10) 编码方案,基码宽度为 1ms,NH(10) 周期 10ms;测量通道的 NH 码其起始点与 100sps 速率的编码数据字符的前沿对齐,所有卫星采用的 NH 码都是一样的,即:

[0026]  $n(10) = \{+1, +1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, +1, -1\}$ 。

[0027] 作为本发明的进一步改进:所述信号结构中采用成对的周期为 10230 基码的码发生器,采用码长为 10230 位的截短戈尔德码,由两个异步截短线性移位寄存器码模叠加形成;两个 13 级最大长度的序列发生器生成的扩频码序列分别为 XA(i) 以及 XB(i),两者的码周期均为 8191 个基码。

[0028] 作为本发明的进一步改进:在所述测距信道中的信号帧为:数据码速率为 100bps,每个测量子帧帧长为 T 秒,包含 25bit 测量信息;测距信道 6T 秒建链时间包含 1 个 T 秒测量子帧作为前导域,4 个 T 秒测量子帧作为测量域,最后 T 秒作为保护带;测量子帧测量信息包括帧同步头、帧计数、通信信道速率指示三个部分,其中测距信道扩频码上加有 HN 同步,测量子帧 100bps 速率下采用 NH(10) 编码方案,基码宽度为 1ms, NH(10) 周期 10ms;测距信道的 NH 码其起始点与 100sps 速率的编码数据字符的前沿对齐,所有卫星采用的 NH 码相同。

[0029] 作为本发明的进一步改进:所述测距信道的信号帧中测量帧头字段为 20bit 长,采用序列为 20bit 的 NH 码,序列拥有最小的自相关旁峰,所有卫星采用的 NH 码都相同;测量帧号字段为 3bit 长,表示了一个测量通信帧内测量子帧序号,帧号范围为 0-4,6T 秒测量发起时每颗卫星测量帧号从零开始计数,帧序号随每次测量帧递增,其中前导 FR1 测量帧号为 0;速率指示字段为 2bit 长,用于指示通信信道信息速率,指示四个速率档位;速率指示字段为 0 表示第一个速率档位,速率指示字段为 1 表示第二个速率档位,速率指示字段为 2 表示第三个速率档位,速率指示字段为 3 表示第四个速率档位。

[0030] 作为本发明的进一步改进:在所述通信信道中的信号帧为:每个通信帧都是与测量伪码周期对齐的,每个通信数据帧信息长度为 2046bit,通信信道信息速率的基准速率为 2.046kbps。

[0031] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0032] 1、本发明的信号结构可同时实现精密测量和高速通信,在时隙上对信号结构进行优化设计,在前导时段采用 BPSK,大大提升了信号的接收灵敏度和抗干扰能力;测距信道采用 NH 序列进行二次编码,可以使得扩频谱线功率密度下降至 1/10,提高了抗窄带干扰能力,同时还可以实现快速符号同步。

[0033] 2、本发明的信号结构中测距信道与通信信道严格时间同步,在测量信道同步后可完全实现通信信道位同步、帧同步,大大降低硬件资源消耗;测距信道具有信道速率控制能力,可实现通信信道的多速率无缝切换;通信信道采用虚拟信道和多业务信元包混合传输方案,信元帧在多速率下编排格式统一,可实现多类业务速率的灵活传输同时解调器设计结构简洁高效。

## 附图说明

- [0034] 图 1 是本发明测距通信一体化的星间链路无线信号的调制结构原理示意图。
- [0035] 图 2 是本实施例中成对的周期为 10230 基码的码发生器结构原理示意图。
- [0036] 图 3 是本实施例中测距信道的信号帧的结构原理示意图。
- [0037] 图 4 是本实施例中通信信道的通信速率 1 信号帧的结构原理示意图。
- [0038] 图 5 是本实施例中通信信道的通信速率 2 信号帧的结构原理示意图。
- [0039] 图 6 是本实施例中通信信道的通信速率 3 信号帧的结构原理示意图。
- [0040] 图 7 是本实施例中通信信道的通信速率 4 信号帧的结构原理示意图。

### 具体实施方式

[0041] 以下将结合说明书附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。

[0042] 为了满足星间链路在多个卫星节点间进行编队或组网测量通信需求,本发明的测距通信一体化的星间链路无线通讯方法是将信号结构在一个测量通信时隙内分为前导、信号、保护带三个时段。

[0043] 前导时段:前导时段为 BPSK 调制模式,仅存在测距信道,可以提高捕获灵敏度并缩短捕获时间;

[0044] 信号时段:信号时段为 UQPSK 调制模式,如图 1 所示,包括测距信道(I 支路)和通信信道(Q 支路),测距信道(I 支路)和通信信道(Q 支路)进行短码扩频,采用优选的正交扩频码,I、Q 支路信道功率根据链路预算进行配比。在上述结构中,I 支路调制多个低速率测距帧,测距帧包含同步头、测距帧号、通信信道速率指示等内容。Q 支路信号调制多个较高的可变速率通信帧,每个通信帧同步于测量信道特定测距帧相位,Q 支路信号的通信速率由测距帧相关信息指示。在通信信道中,采用了虚拟信道和多业务信元包混合传输的方法,通信信道编排有多个信元帧,每个信元帧分别设置有通信帧路由控制域、通信帧参数控制域、通信帧 ARQ 控制域、通信帧数据域、通信帧 FEC 控制域。每个信元帧采用信道编码提高纠错能力,信道编码可以选择使用 1/2 卷积编码、1/2Turbo 编码或 1/2LDPC 编码之一;由于 LDPC 编码具有更加优异的纠错能力,在较佳的实施例中,使用 1/2LDPC 编码。

[0045] 保护带时段:TDMA/CDMA 多址方式下卫星节点间切换通信时为避免传输时延造成的卫星收发信号重叠,需要设置保护带时段,保护带时段按照不小于所有卫星节点间最大距离传输时延设计。

[0046] 本发明在进行信号结构构造时,是依据现有卫星资源和 ITU 频率划分,其所述载波优选为 UHF、L、S、Ka 频段。

[0047] 本发明测距通信一体化的星间链路无线信号调制结构在应用时,其信号表达式如下:

[0048]

$$S_{ISL}^j = A_c C^j(t) D_c^j(t) n(10, t) \cos(2\pi f_{ISL} t + \varphi_c^j) + A_p P^j(t) D_p^j(t) \sin(2\pi f_{ISL} t + \varphi_p^j)$$

[0049] 式中:j 表示卫星编号;

[0050]  $A_c$ :表示调制于各频点载波 I 支路的测距扩频码振幅;

[0051]  $A_p$ :表示调制于各频点载波 Q 支路的通信扩频码振幅;

[0052]  $C$ :表示 I 支路测距扩频码;

[0053]  $P$ :表示 Q 支路通信扩频码;

[0054]  $D_c$ :表示 I 支路测距扩频码上调制的数据码;

[0055]  $D_p$ :表示 Q 支路通信扩频码上调制的数据码;

[0056]  $f$ :表示星间链路载波频率;

[0057]  $\varphi$ :表示星间链路载波初相;

[0058]  $n(10, t)$ :长度为 10 个基码的 NH 码;

[0059] 其中,测量信道扩频码上加有 HN 同步,测量子帧 100bps 速率下采用 NH(10) 编码方案,基码宽度为 1ms, NH(10) 周期 10ms。测量通道的 NH 码其起始点与 100sps 速率的编码数据字符的前沿对齐,所有卫星采用的 NH 码都是一样的,即:

[0060]  $n(10) = \{+1, +1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, +1, -1\}$

[0061] 这种 NH 序列均有最小的自相关旁峰,在延迟为 1ms 整数倍时,自相关电平总是 -13.98dB,其余时延则小于或等于此值。

[0062] 如图 2 所示,为本实施例中所采用的成对的周期为 10230 基码的码发生器原理图。参考传统如 GPS 等扩频测距系统,扩频码速率为 10.23M 基码/s。本系统采用码长为 10230 位的截短戈尔德码,由两个异步截短线性移位寄存器码模叠加形成。两个 13 级最大长度的序列发生器生成的扩频码序列分别为  $XA(i)$  以及  $XB(i)$ ,两者的码周期均为 8191 个基码。为了获得长度为 10230 的码,首先将  $XA(i)$  截短一个基码,使其周期变为 8190,而  $XB(i)$  则不变。这样,两种码周期分别是 8190 和 8191,相互为素数。两种码的乘积,其周期将为两个周期的乘积,即  $8191*8190 = 67084290$  个基码。每生成 10230 个基码后便把两个码发生器复位到适当的初始状态,从而得到码周期为 10230 的扩频码,而通过调整生成器中  $XB(i)$  码的初始相位可组合成不同的扩频码。对于成对的 I\Q 通道的码  $g(i, t)$  和  $g(k, t)$ ,只需用两个不同的初始化的 XB 码发生器,即分别复位到 i 和 k 状态,或者说分别复位到超前 i 和 k 状态,与同一 XA 码发生器产生的码模相加即可产生,  $XA(i)$  以及  $XB(i)$  都是在 1ms 历元处初始化复位。为了抑制载波,需要对扩频码进行平衡。通过调整 XB 码生成器的初始相位,组合生成了  $2^{13}-1$  个不同的扩频码。经筛选可得到多个平衡码(码中“1”的个数与“-1”的个数相等),如果卫星编队或组网节点为 N 个,则应选取其中 2N 个平衡码,其中前 N 个用于测距信道扩频码,后 N 个用于通信信道扩频码。

[0063] 如图 3 所示,为本实施例中测距信道的信号帧原理示意图。测距信道扩频码上调制的数据码速率为 100bps,每符号扩频比为 102300,不加编码。每个测量子帧帧长为 T 秒(T 可以根据测量、通信信道的系统指标要求设定),包含 25bit 测量信息。测量信道 6T 秒建链时间包含 1 个 T 秒测量子帧作为前导域,4 个 T 秒测量子帧作为测量域,最后 T 秒作为保护带。测量子帧测量信息包括帧同步头、帧计数、通信信道速率指示三个部分。其中测量信道扩频码上加有 HN 同步,测量子帧 100bps 速率下采用 NH(10) 编码方案,基码宽度为 1ms, NH(10) 周期 10ms。测量通道的 NH 码其起始点与 100sps 速率的编码数据字符的前沿对齐,所有卫星采用的 NH 码都是一样的,即:

[0064]  $n(10) = \{+1, +1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, +1, -1\}$

[0065] 这种 NH 序列均有最小的自相关旁峰,在延迟为 1ms 整数倍时,自相关电平总是 -13.98dB,其余时延则小于或等于此值。采用 NH(10) 编码方案可以使得扩频谱线功率密度下降至 1/10,提高了抗窄带干扰能力,同时还可以快速进行符号同步。

[0066] 其中测量帧头字段为 20bit 长,采用序列为 20bit 的 NH 码,序列拥有最小的自

相关旁峰,所有卫星采用的 NH 码都是一样的,即:

[0067]  $n(20) = \{+1, +1, +1, +1, +1, -1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, +1, -1, +1, +1, -1, -1, -1, -1, +1\}$

[0068] 测量帧号字段为 3bit 长,表示了一个测量通信帧内测量子帧序号,帧号范围为 0-4,1.5 秒测量发起时每颗卫星测量帧号从零开始计数,帧序号随每次测量帧递增,其中前导 FR1 测量帧号为 0。

[0069] 速率指示字段为 2bit 长,用于指示通信信道信息速率,可以指示四个速率档位。速率指示字段为 0 表示第一个速率档位,速率指示字段为 1 表示第二个速率档位,速率指示字段为 2 表示第三个速率档位,速率指示字段为 3 表示第四个速率档位。通信信道信息速率的基准速率为 2.046kbps,以保证通信帧严格与测距帧完全时间对齐,各种更高的速率是基准速率的整数倍,一种推荐的四个速率档位设计方案为 5 倍、10 倍、25 倍、50 倍。

[0070] 如图 4 所示,为本实施例中通信信道的通信速率为 10.23kbps 的信号帧原理图,测距通信一体化的星间链路无线信号调制结构采用 PSK 调制,通信信道是同步于测量信道的。由于信号捕获阶段通信信道数据无效,为了减小测量信号在前导阶段捕获的底部噪声影响,因此在测量信道前导阶段将关闭通信信道。即信号调制结构在前导阶段 T 秒是 BPSK 调制,而后时段采用 UQPSK 调制。同时通信信道必须保证其信号长度不能够超过 6T 秒后部的保护带。为了保证通信支路符号同步的便利性,要设计使得通信支路每个数据帧都是与测量伪码周期对齐的,设计每个通信数据帧信息长度为 2046bit。通信信道采用了虚拟信道和多业务信元包混合传输的设计思想。在通信帧设计上分别设置了通信帧路由控制域、通信帧参数控制域、通信帧 ARQ 控制域、通信帧数据域、通信帧 FEC 控制域几个部分。其中信息帧结构定义与内容说明由下表所示。

[0071] 表 1 信息帧结构定义与内容说明

[0072]

内容	名称	字长 (bit)	备注
帧号	FRAME_NO	6	LDPC 消息帧编号,在每个 6T 秒发送时从 0 开始编号逐帧增加,不同传输速率范围不同。 10.23kbps: 05 帧 20.46kbps: 10 帧 51.15kbps: 25 帧 102.3kbps: 50 帧
信源节点网络识别号	TXID	8	信源端点节点网络标示编号
中继节点网络识别号	RLID	8	信息中继节点网络标示编号,如无中继则 RLID = RXID

[0073]

信宿节点网络识别号	RXID	8	信宿端节点网络标示编号
消息类别	MSG_TYPE	8	信息消息类别
消息序列号	MSG_SEQ	7	消息序列号, 由信源端发起, 该字段在同一对信源端和信宿端之间持续增加, 范围 0-127
应答序列号	ACK_SEQ	7	应答序列号, 由信宿端发起, 该字段取为待应答确认 PDU 的 MSG_SEQ 字段值。
应答请求标识	ACK_REQ	1	应答请求指示, 由信源端发起, 该字段指示信源端发送的 PDU 是否要求信宿端确认并应答接收状态, ACK_REQ 字段设为 '1' 表示需要应答, 否则设为 '0'
有效应答标识	VALID_ACK	1	有效应答指示, 由信宿端发起, 当信源端发送的 PDU 得到信宿端确认而发送应答消息时, 该字段设为 '1', 否则设为 '0'
消息数据	MSG_DAT	1976	PDU 净荷
CRC		16	CRC 效验字, 为标准 CCITT 格式
合计		2046	

[0074] 如图 5 所示, 为通信信道的通信速率为 20.46kbps 的信号帧结构图, 该速率下的信号帧结构与 10.23kbps 类似, 不同之处在于信元帧变为 10 个。

[0075] 图 6 是通信信道的通信速率为 51.15kbps 的信号帧结构图, 该速率下的信号帧结构与 10.23kbps 类似, 不同之处在于信元帧变为 25 个。

[0076] 图 7 是通信信道的通信速率为 102.3kbps 的信号帧结构图, 该速率下的信号帧结构与 10.23kbps 类似, 不同之处在于信元帧变为 50 个。

[0077] 以上仅是本发明的优选实施方式, 本发明的保护范围并不仅局限于上述实施例, 凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出, 对于本技术领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰, 应视为本发明的保护范围。

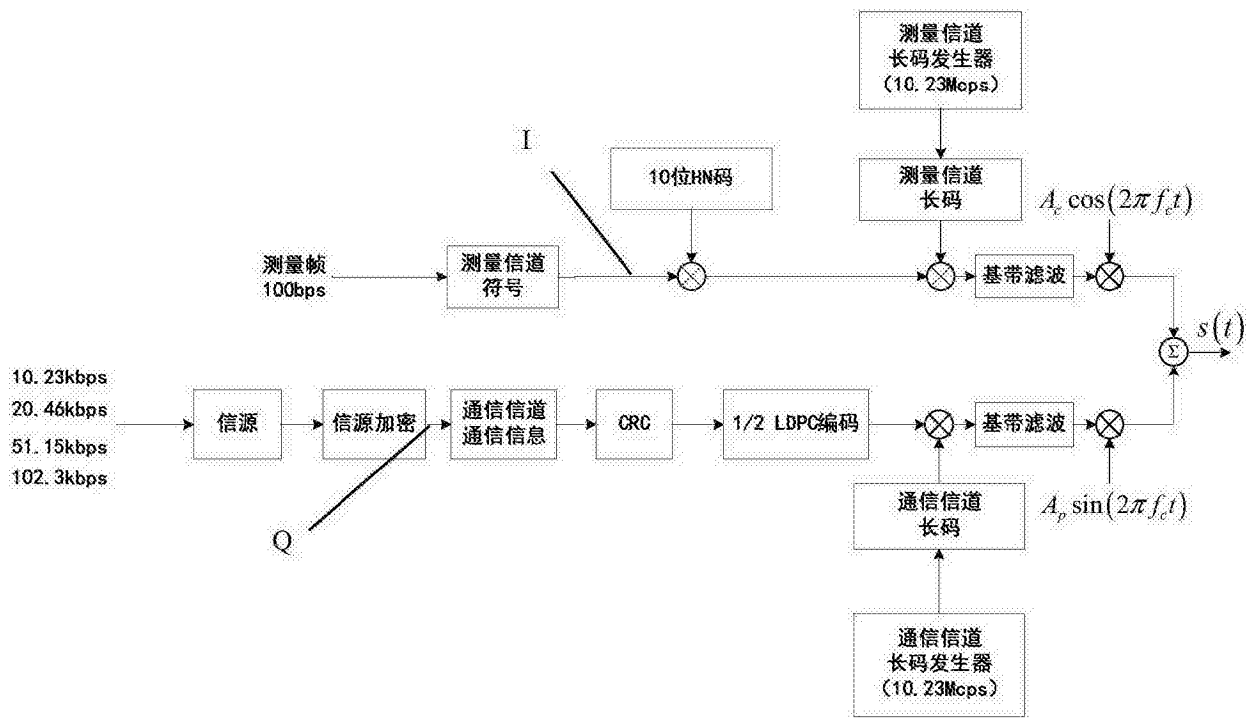


图 1

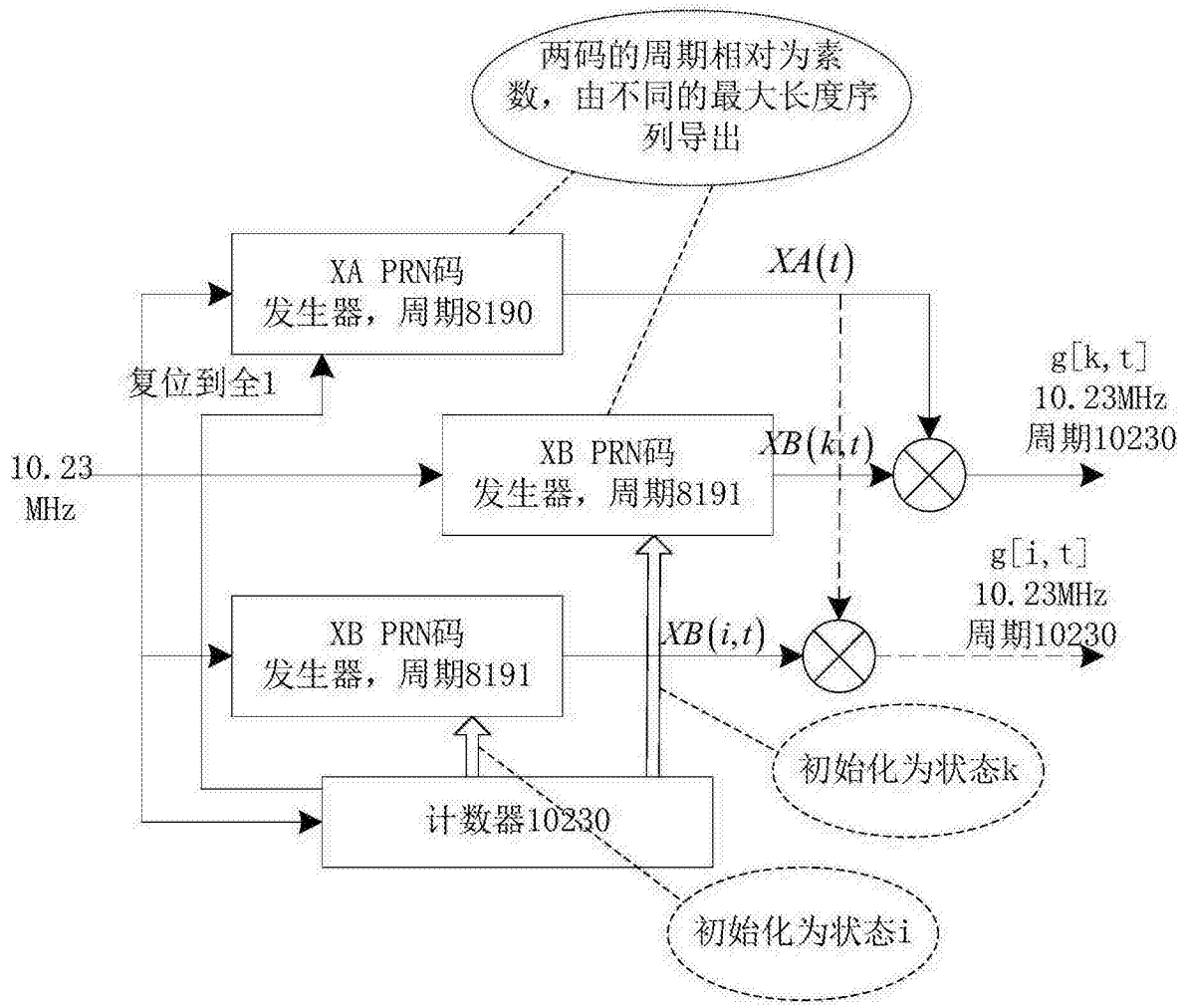


图 2

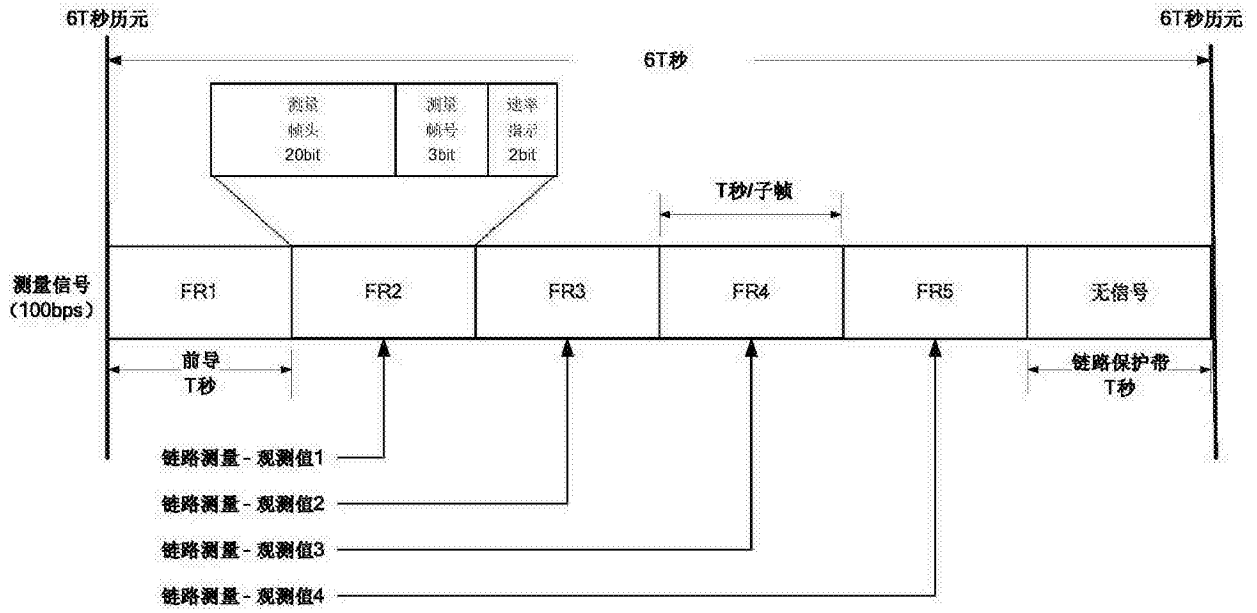


图 3

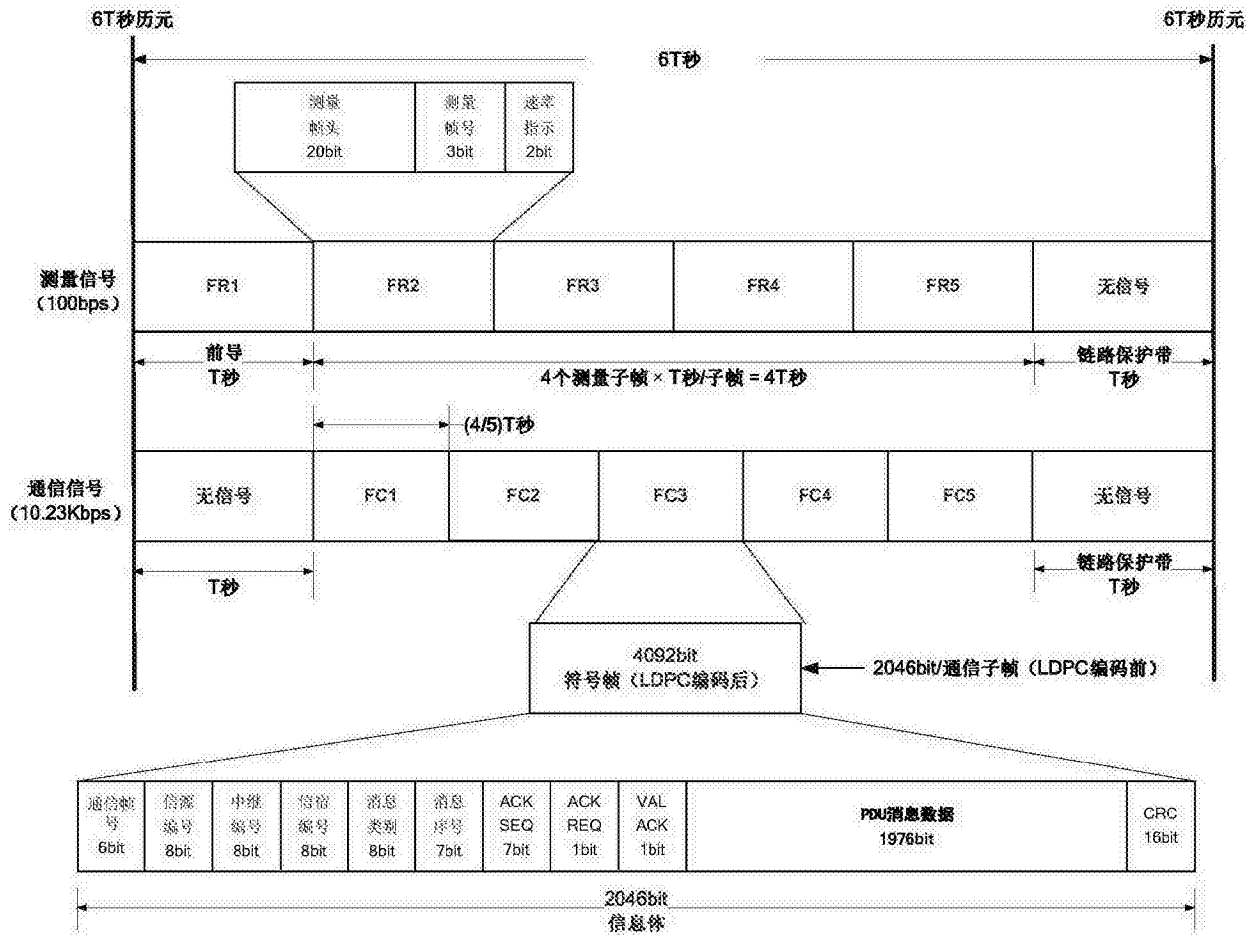


图 4

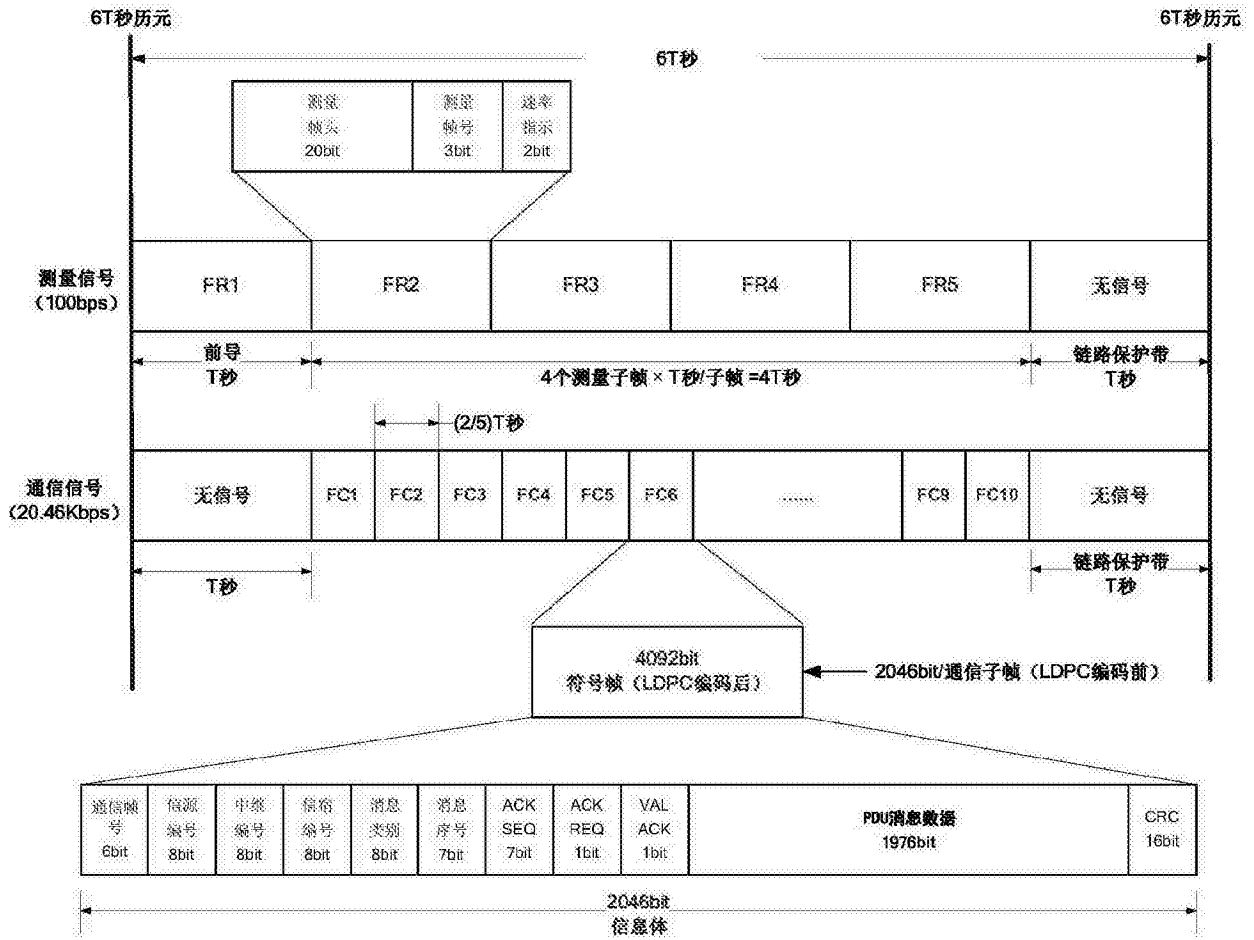


图 5

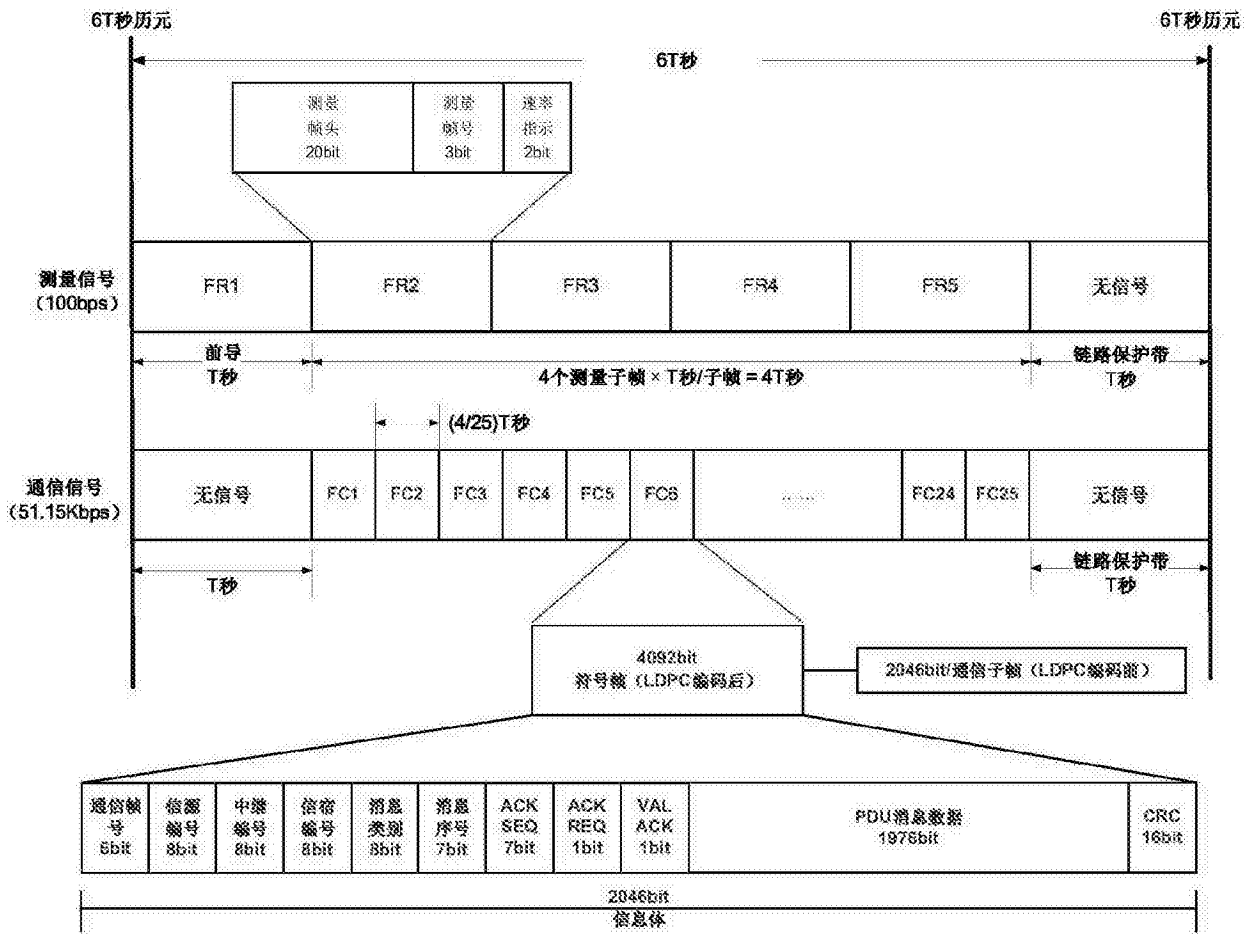


图 6

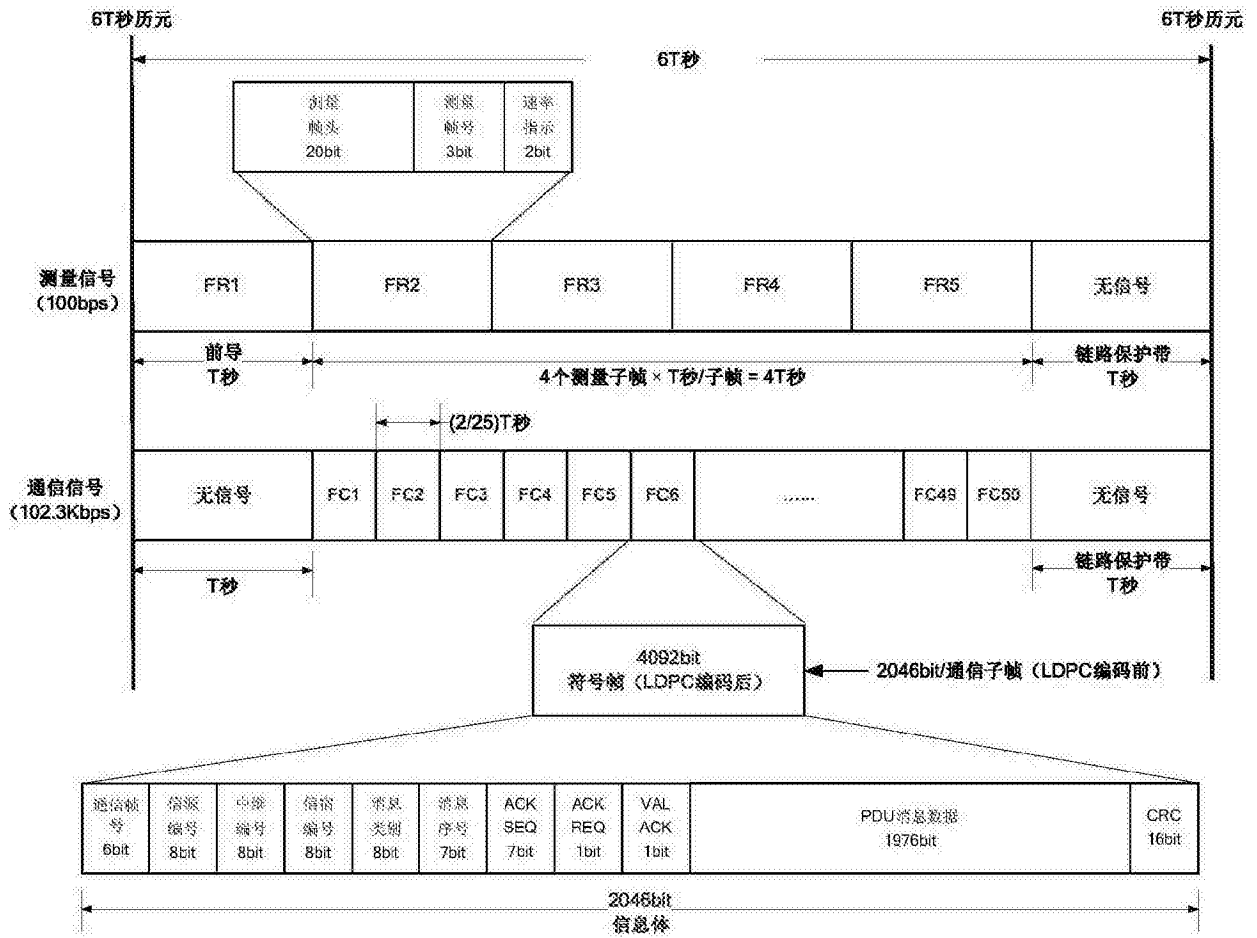


图 7