

文章编号: 1005-8451 (2009) 07-0045-04

无线扩频技术在地铁屏蔽门控制系统中的应用

罗载荣

(广州市地下铁道总公司, 广州 514500)

摘要: 分析 2.4 G 无线扩频技术在轨道交通控制系统中的应用现状, 结合 2.4 G 无线扩频技术的原理和特点, 重点介绍广州地铁 1 号线加装屏蔽门工程中使用的无线扩频技术方案。

关键词: 站台屏蔽门; 列车自动控制; 无线扩频技术; 应用

中图分类号: U231.7

文献标识码: A

Application of wireless spectrum spread technology in Control System of platform screen door for metro

LUO Zai-rong

(Guangzhou Metro Company, Guangzhou 514500, China)

Abstract: The main target of this text was to analyze the situation about the use of wireless spectrum spread technology in the metro control system. Combined with the principle and characteristic of 2.4 G wireless spectrum spread technique, it was introduced the solution about the additional PSD (Platform Screen Door) project for GuangZhou Metro Line 1.

Key words: platform screen door; automatic train control; technique of wireless spread spectrum; application

站台屏蔽门 (Platform Screen Door, PSD) 系统沿轨道交通站台边缘设置, 将轨道区与站台候车区隔离, 减少了列车运行噪音和活塞风对车站的影响, 防止人员跌落轨道产生意外事故, 为乘客提供了舒适和安全的候车环境, 提高了地铁的服务水平。

为了保证屏蔽门的安全使用, 屏蔽门系统均由信号系统控制。对于已经投入运营的线路进行屏蔽门加装工程时, 由于原有的信号系统并未考虑屏蔽门功能接口, 重新升级信号系统将浪费大量人力物力。只有在现有的屏蔽门控制系统与信号系统基础上开发一套与屏蔽门联动的系统才能解决这一问题, 开发这样的系统首要的问题就是如何在原有信号系统的车地通信信道外建立自己的通信链路, 实现控制信息的传输。

本文深入讨论 2.4 G 无线扩频技术在轨道交通领域中的应用, 介绍广州地铁一号线加装屏蔽门工程中使用的无线数传电台方案。

1 无线通信技术在地铁中的运用

我国现有的列车控制系统主要为基于轨道电

路的列车控制系统 (TBTC- Track circuit Based Train Control)。该方式为保障行车安全, 提高行车效率发挥了巨大作用。但由于 TBTC 利用轨道电路传输地面至车上的信息、检测固定闭塞分区的占用情况, 它还存在信息传输量小、受环境影响大、建设和维护成本过高等问题。

随着通信技术 (数字蜂窝、扩频、跳频技术的出现, 检、纠错编码技术的成熟)、计算机技术 (高速、高可靠性计算机的出现)、控制技术 (智能控制、专家系统、模糊控制等的出现)、可靠性理论、微电子技术 (大规模、超大规模集成电路的出现) 的发展及信号工程技术人员对信息技术的认可, 使得利用无线通信方式传递车、地间双向信息真正成为可能。该方式具有其它方式所难以比拟的一些优点, 表现在以下几个方面:

(1) 传输和交换的是数字编码、高速率、大容量的数据包, 信息量大;

(2) 通过蜂窝技术在可获取的频率资源范围内, 可实现线路上所有运行列车与控制中心的实时双向通信;

(3) 可进一步简化地面信号设备, 降低系统造价;

(4) 采用多重相位调制、扩频、跳频、高抗衰落和抗干扰的弱信号接收等通信领域的高新技术,

收稿日期: 2009-04-13

作者简介: 罗载荣, 助理工程师。

实现高可靠的信息发送和接收。

由于无线方式具有的上述优点, 新型列车控制系统绝大多数都是利用无线通信作为车、地间双向通信信道, 基于通信的列车控制系统 (CBTC Communications Based Train Control) 在各国轨道交通控制领域中逐步得到实施, 有的已投入应用, 显示出其巨大的优越性和强大的生命力。

CBTC 技术在我国的城市轨道交通领域也得到了广泛的应用, 目前已建的广州地铁 3 号线以及北京地铁 4 号线信号系统采用了阿尔卡特公司提供的 CBTC 系统。广州地铁 4 号、5 号线以及北京地铁 10 号线则采用了西门子公司提供的 CBTC 系统。在这些系统中, 无一例外地采用了 2.4 G 无线扩频通信技术来实现车-地双向高速安全数据的传输。

2 扩频技术

2.1 扩频通信基本概念

跳频系统与直扩系统分别是应用最多的扩频方式。一般而言, 跳频系统主要在军事通信中对抗故意干扰, 在卫星通信中也用于保密通信, 而直扩系统则主要是一种民用技术。国内无线电管理委员会已将 2.4 GHz~2.4835 GHz 频段开放为自由使用的扩频通信 ISM 频段。如果要使用, 只要遵守中华人民共和国的国家无线电管理委员会的颁发标准, 同时产品拥有无线电管理委员会的核准证即可。

2.2 扩频技术的原理

扩频技术的基本理论根据是信息论中的仙农 (Shannon) 公式, 它可以表示为:

$$C=W\log_2(1+S/N) \quad (1)$$

式中, C 是信道容量 (bit/s), W 是信道带宽, N 是噪声功率, S 是信号功率。将 (1) 式换成以 e 为底的对数:

$$C/W=1.44\log_e(1+S/N) \quad (2)$$

对于干扰环境中的典型情况, $S/N < 1$, 对上式用幂级数展开, 略去高次项得:

$$C/W=1.44*S/N \quad (3)$$

将 (3) 式变为:

$$C/W=1.44W*S/N \quad (4)$$

由 (4) 式可以看出, 对任意给定的信噪比, 只要增加用于传输信息的带宽, 理论上就可以增加在信道中无误差的信息率。例如, 我们希望一个

系统工作于干扰比信号大 100 倍的环境中, 要求的传信率是 3 kps, 由 (4) 式, 系统应有的带宽为:

$$W=2.08 \times 10^5 \text{ Hz}$$

由此可见, 只要将欲传输的信息先用某种方式扩展其频谱, 再把接收的扩频信号变换到原始信息带宽, 信噪比就可以提高。

在高斯噪声的干扰下, 在平均功率受限的信道上, 实现有效和可靠通信的最佳信号是具有统计特性的信号。这是因为高斯白噪声信号具有理想的自相关特性, 其功率谱为:

$$S(w) = \frac{N_0}{2} \quad (5)$$

它的自相关函数为:

$$R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S(w)e^{jw\tau} dw = \frac{N_0}{2} \gamma(\tau) \quad (6)$$

由 (6) 式, 可以看出, 白噪声的自相关函数具有函数的特点, 说明它具有尖锐的自相关特性。但是对于白噪声信号的产生、加工和复制至今仍存在着许多技术困难, 然而人们已经找到了一些易于加工和控制的伪噪声随机序列, 它们的统计特性逼近于高斯白噪声的统计特性。

2.3 扩频系统的分类与实现

在扩频系统中, 直接序列扩频 (DS-SS) 和跳频 (FS-SS) 是两种最重要的扩频方式。本系统采用的数传电台就使用了直接序列扩频技术, 本文将着重介绍直接序列扩频系统的实现。

直接序列扩频系统, 准确地说, 应该称为直接用编码序列对调制的系统。直接序列扩频系统中用的编码序列通常称为伪随机序列或伪噪声 (PN) 码。要传送的信息和伪随机序列模 2 相加后去调制载波。在接收机中要有一个和发射机中的伪随机码同步的本地码, 对接收信号进行解扩, 解扩后的信号经解调器后得到有用信息。直接序列扩频系统的原理如图 1 和图 2。

信源产生的信息流通过编码器输出二进制码流 $d(u,t)$, 其中 u 用以表示随机变量。二进制数字信号 $d(u,t)$ 与一个高速率的二进制伪随机码 $c(u,t)$ 相乘。一般伪随机码的速率是 Mb/s 的量级, 有的甚至达到几百 Mb/s。

在直接序列扩频系统中通常对载波进行相移键控调制。用的比较多的相移键控是 BPSK, 较为

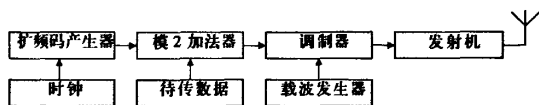


图1 直接序列扩频系统（发送部分）

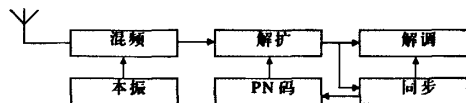


图2 直接序列扩频系统（接收部分）

复杂的相移键控是QPSK和OQPSK。由于平衡调制能抑制发送信号的载波，使干扰者难以实现瞄准式干扰，提高扩频信号的抗干扰和抗侦破的能力。而发送者可以用较多的功率来传输信息，节省发射功率，提高发射效率。因此，扩频系统中常采用平衡调制方式。

跳频是载波频率在一定范围内不断跳变意义上的扩频，而不是对被传送信息进行扩谱，不会得到直序扩频的处理增益。跳频相当于瞬时的窄带通信系统，基本等同于常规通信系统，由于无抗多径能力，同时发射效率低，同样发射功率的跳频系统在有效传输距离内小于直扩系统。跳频的优点是抗干扰，定频干扰只会干扰部分频点。用于语音信息的传输，当定频干扰只占一小部分时不会对语音通信造成很大的影响。

扩频技术的最大优点在于较强的抗干扰能力，以及保密、多址、组网和抗多径等，但由于各种扩频方式的抗干扰机理不同，因而各有其长处与不足，很难笼统断言某一种扩频方式比其它的扩频方式更优。对扩频方式的比较只能是在一定条件下对各种扩频方式综合考虑，从而得出某种结论，以便人们在扩频方式的选择上作一参考。直扩和跳频技术的抗干扰机理不同，直扩系统靠伪随机码的相关处理，降低进入解调器的干扰功率来达到抗干扰的目的，而跳频系统是靠载频的随机跳变，躲避干扰，将干扰排斥在接收通道以外来达到抗干扰的目的。因此，这两者都具有很强的抗干扰能力，但也存在自身的不足。

3 工程运用

3.1 屏蔽门控制系统中采用的扩频技术

屏蔽门控制系统可分为车载设备与轨旁设备两大部分。系统与外界的接口有：系统与列车门控电路的接口、与屏蔽门控制系统的接口、与信号系统的接口和人机接口。车载设备采集到列车门动作信息，并发送给轨旁设备，由轨旁设备根据安全联锁条件控制屏蔽门的开门和关门。地面设备采集屏蔽门状态信息和人机接口选用的控制模式进行逻辑运算并将相应的安全控制命令传递给列车。开发屏蔽门控制系统要解决的首要问题就是实现车载设备和地面设备的无线数据交换。

在广州地铁1号线加装屏蔽门工程中，系统应用环境是在地铁隧道中，抗衰落和抗多径干扰是系统必须考虑的问题。

(1) 由于直扩系统的射频带宽很宽，小部分频谱衰落不会使信号频谱产生严重的畸变，而对跳频系统而言，频率选择性衰落将导致若干个频率受到影响，导致系统性能的恶化。

(2) 由于电波传播过程中遇到各种反射体（如高山、建筑物、墙壁、天花板等）引起的反射或散射，在接收端，直接传播路径和反射信号产生的群反射之间形成随机干涉。多径干扰信号的频率选择性衰落和路径差引起的传播时延 τ ，会使信号产生严重的失真和波形展宽，导致码间串扰，不但能引起噪声增加和误码率上升，使通信质量降低，甚至使某些通信系统无法工作。

(3) 由于直扩系统采用伪随机码的相关解扩，只要多径时延大于一个伪随机码的切普宽度，这种多径就不能对直扩系统形成干扰，直扩系统甚至可以利用这些干扰能量来提高系统的性能。而跳频系统则不然，跳频系统要抗多径干扰，要求每一跳的驻留时间很短，即要求快跳频，在多径信号没有到来之前接收机已开始接收下一跳信号。例如，多径时延为 $1\mu s$ ，则跳，而对直扩系统而言，伪随机码速率大于 1Mchip/s 即可。从实现上看，实现伪随机码速率大于 1Mchip/s 的直扩系统比跳频速率 1Mhop/s 的跳频系统要容易得多。

3.2 工程设备选择

在实际工程运用中针对广州地铁1号线的特点，确定了使用无线数传电台作为数据传输通道的手段解决了数据传输问题。该无线数传电台具有以下特点：

(1) 安装施工便利。无线数传电台体积小，功

文章编号: 1005-8451 (2009) 07-0048-03

行车和调车作业综合信息远程监控系统的设计与实现

潘云松, 沈 涛

(昆明铁路局 信息技术处, 昆明 650011)

摘 要: 昆明铁路局行车和调车作业微机远程监控系统研制成功, 改变了调度作业现场存在的无法真实记录调度作业过程的局面, 通过对无线传输数据的采集, 可对调车作业过程进行事故防控, 为事故调查提供可信依据。

关键词: 行车作业; 调车作业; 数据采集; 语音采集

中图分类号: U292

文献标识码: A

近年来, 昆明铁路局先后推广了图像监控、无线列调、数字调度、列尾装置、平面调车设备和车次号系统等设备, 有效地提高了列车运行安全、行车作业控制能力和作业效率。

但是, 这些设备在使用、管理和作用发挥方面尚存在一些问题, 设备监控能力亟待进一步提升。为此, 昆明铁路局研制了车站行车和调车作业综合信息远程监控系统。该系统以车站为基本单元, 增设前端采集设备及相关集成控制系统, 对监控对象的图像、语音和信令信息进行集中采集, 实时记录, 远程传输, 建立三级管理操作平台, 实现生

产安全信息在铁路局、站段和车站的全面共享, 提高设备使用效率, 提升生产安全管理水平和安全保障能力。

1 系统功能

(1) 将车站所有相关设备的语音和信令信息进行整合, 集中采集并存储于一个记录装置上;

(2) 所有记录装置必须具备远程访问功能, 所有信息能够被远程调用、分析和处理;

(3) 建立多级管理操作平台, 实现信息的实时监控、历史回放、远端下载和信息存储等功能;

(4) 各级管理操作平台的列车作业信息与车次号关联, 能够以车次号为标识对相关信息进行

收稿日期: 2009-03-28

作者简介: 潘云松, 工程师; 沈 涛, 高级工程师。

耗 $<100\text{ mw}$, 使用直流 5 V 供电。可以方便地安装在很小的空间内。这点对于旧线改造是很关键的, 加装设备的安装位置原来没有预留, 会受限于很多现场因素, 需要灵活的安装手段;

(2) 通信距离可控, 通过对无线数传电台发送功率和接收灵敏度的调整, 无线数传电台的通信距离可从不足 1 m 扩展到 200 m 。对于屏蔽门控制系统而言, 覆盖的范围只要求达到站台区。灵活的通信距离调整手段可以保证可靠的通信并避免邻站之间的干扰。

(3) 分布式布局, 便于维护。无线数传电台可以不组网单独使用。实际的工程应用中, 采取地面设备每站台布置1套无线数传电台, 每个列车布置1套无线数传电台的布局方式。避免了组建无线局域网复杂的施工和维护工作。

4 结束语

基于 2.4 G 无线扩频技术传递车地通信的屏蔽门控制系统的开发成功, 为解决加装屏蔽门工程带来的信号系统升级改造问题提供了一个经济可行的方案。同时, 也为国产CBTC系统的研发做出了有益的尝试。

参考文献:

- [1] 刘承东. 屏蔽门子系统在地铁中的应用[J]. 城市轨道交通研究, 2000 (1): 43.
- [2] 孙增田. 广州地铁屏蔽门系统的方案比选[J]. 地铁与轻轨, 2002 (6): 28.
- [3] 马 越. 2.4 GHz/EI 无线扩频数据传输系统的研究与实现[D]. 华南理工大学, 2001, 6.