

TDM/TDMA 系统中继网络设计

周国安¹, 李明伟²

(1. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800; 2. 86513 部队, 天津 300074)

摘要:对 TDM/TDMA 通信系统传输信号的特点及中继网络所须解决的难点问题进行了研究, 提出了一种简单实用的解决方法, 介绍了电路的组成及原理, 分析了系统的性能。在须插入多级中继的时分多址通信系统中, 该中继电路系统具有很好的实用性。

关键词:点对多点通信; 中继通信系统; 时分多址

中图分类号: TN925 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2001)01-0033-04

在数字微波通信系统中, 为了保证系统的通信质量, 中心站至外围站的单站最大距离一般选在 40 km 左右, 若距离较远或路径上存在障碍物时, 则须插入一级或多级中继站^[1]。对于 TDM/TDMA 点对多点数字微波通信系统, 由于站间传输的不仅有下行被调制连续的 TDM 信号, 还有上行被调制突发的 TDMA 信号, 在中继系统中, 若不对上行时钟及基带数字信号进行处理, 由于中继时钟相位抖动的累积, 在存在多级中继时, 将使上行数据的误码率较高, 严重影响系统的通信质量, 甚至可导致通信中断。本文提出的 TDM/TDMA 点对多点通信系统的中继方法, 不仅中继转发数据相位抖动小, 且无中继时钟相位抖动累积, 电路结构简单, 是一种实用的 TDM/TDMA 点对多点通信系统的中继方法。

1 TDM/TDMA 系统传输信号结构及特点

1.1 下行帧结构

下行帧是指中心站向外围站方向发送的数据流。本系统下行帧结构如图 1 所示。

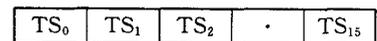


图 1 下行帧结构

其中, TS₀、TS₁ 为控制时隙, TS₀ 传输站地址, TS₁ 传输用户状态信息, TS₂~TS₁₄ 用于传输 13 个用户的数据、话音信息, TS₁₅ 为帧同步时隙。在中心站将模拟话音变换成 PCM 话音, 然后与数据、信令、控制信息等按下行帧格式组帧后, 经扰码、调制、放大后, 发送给外围站。

1.2 上行帧结构

上行帧是指外围站向中心站方向发送的数据流。外围站是以突发包的形式与中心站通信的。一个突发包的信息称为一个上行帧, 本系统上行帧结构如图 2 所示。

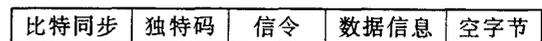


图 2 上行帧结构

每个突发包(上行帧)由 64 个字节组成, 1—5 为比特同步字节, 第 6 字节为独特码(为接收端提供字同步), 第 7 字节为信令字节, 8—63 为数据信息, 第 64 字节为空字节(为突发包之间提供一个保护间隔)。在外围站, 电话用户的 PCM 话音或数据用户的数据, 与用户信令和控制信息按上行帧格式组成一个突发包后, 经扰码、调制、放大后, 发送给中心站。

1.3 TDM/TDMA 通信系统传输信号的特点

系统中心站至外围站的下行通信过程为: 中心站基带单元首先将待传输的基带数字信号按下行帧结构格式组帧后, 送中频调制器进行相位调制, 得到的已调信号送微波发射机, 经上变频及微波放大后由天线发

收稿日期: 2000-06-03

基金项目: 空司地防部科研基金资助项目(W9936)

作者简介: 周国安(1965-), 男, 湖北鄂州人, 讲师, 硕士, 主要从事微波通信系统研究。

第 4 比特启动发送时基产生电路。这样, 在一个突发包时间内, 中继站上行解调时钟相对下行解调时钟存在 ± 4 比特以内的相位抖动时, 都不致使缓冲器 2 的输出数据发生错误, 这样, 缓冲器 2 的输出数据就同步在下行时钟上。该数据经并/串变换后, 送至移位寄存器, 由移位寄存器延迟, 与系统本身产生的比特同步字、独特码字组包后, 即构成一个完整的上行中继信息包。将该信息包及下行时钟送上行调制器即完成上行信息的中继转发功能。

4 性能分析

时钟抖动通常分为两种: 系统性抖动和非系统性抖动^[2]。热噪声和冲击噪声引起的抖动对各中继站而言是相互独立互不相关的, 称为非系统性抖动; 时钟提取调谐回路的失谐、码间干扰及码型变化等影响引起的抖动在各中继站间有一定的相关性, 通常称为系统性抖动。

4.1 系统性抖动的累积特性

图 4 是分析累积特性的卡普曼(Chapman)模型框图, 在该模型中, 假定每一中继站产生的插入抖动是相同的, 各中继站的定时提取电路为单调谐回路。则谐振槽路的输入抖动, 表现为对输入定时载波的调相, 定时槽路的传输函数为^[3]

$$\theta_o(s) = \frac{1}{1 + \frac{s}{B}} \theta_i(s)$$

式中: $\theta_i(s)$ 是插入抖动, $\theta_o(s)$ 是输出抖动, $B = \frac{\omega_0}{2Q}$ 是谐振槽路带宽的一半。

第 N 级中继站的输出抖动 $\theta_N(s)$ 为: 第一级中继站的固有抖动 $\theta(s)$ 经过 N 级调谐槽路作用后的抖动, 加上第二级中继站输入端的固有抖动经过 $(N-1)$ 级调谐槽路作用后的抖动, ……再加上一直到第 N 级中继站输入端的固有抖动经过一级调谐槽路作用后的抖动的总和。因此有:

$$\theta_N(s) = \theta(s) \left[\frac{1}{1 + \frac{s}{B}} \right]^N + \theta(s) \left[\frac{1}{1 + \frac{s}{B}} \right]^{N-1} + \dots + \theta(s) \left[\frac{1}{1 + \frac{s}{B}} \right] = \theta(s) \frac{B}{s} \left[1 - \left[\frac{1}{1 + \frac{s}{B}} \right]^N \right]$$

所以, 抖动的功率谱密度为: $\Phi_N(\omega) = \left(\frac{B}{\omega} \right)^2 \left| 1 - \left[\frac{1}{1 + j \frac{\omega}{B}} \right]^N \right|^2 \Phi(\omega)$

式中: $\Phi(\omega)$ 为单个中继站固有抖动功率谱, $\Phi_N(\omega)$ 为 N 个中继站累积抖动功率谱。

由该式可知, 中继站中定时电路的调谐槽路对高频分量起衰减作用, 抖动的低频分量则随中继站级数的增加而增加。为简化问题, 只考虑抖动的低频分量, 并认为 $\Phi(\omega)$ 近似是平坦的, 即 $\Phi(\omega) = \Phi_0$ 则:

$$\Phi_N(\omega) = \left(\frac{B}{\omega} \right)^2 \left| 1 - \left[\frac{1}{1 + j \frac{\omega}{B}} \right]^N \right|^2 \Phi_0$$

将功率谱在频带内积分即得累积抖动功率 σ_N^2 :

$$\sigma_N^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^B \Phi_N(\omega) d\omega = \Phi_0 B P(N)$$

式中

$$P(N) = \frac{1}{2} \left\{ N - \frac{(2N-1)!}{2[(N-1)!]^2 4^{N-1}} \right\}$$

$P(N)$ 随着 N 的增加而单调增加。可见, 随着中继站级数的增加, 抖动功率愈来愈大。

4.2 时钟抖动导致的误码

设传输的基带信号是双极性矩形码, 信号电平幅度为 E_T , 系统噪声为高斯白噪声, 噪声的单边带功率谱密度为 n_0 , 信号码元宽度为 T_s , 时钟抖动所导致的时间误差为 T_e 。接收端采用相关接收法, 即对基带信号进行积分、抽样后再判决。则由于时钟抖动导致的误码为^[4~5]

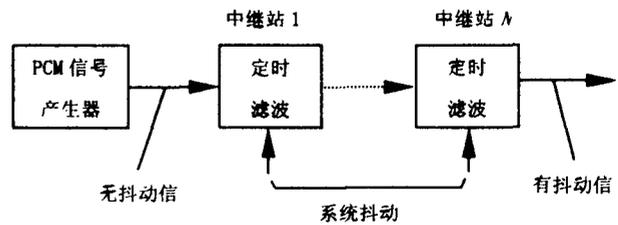


图 4 卡普曼模型

$$P_e = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_T}{n_0}} \right) + \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left[\sqrt{\frac{E_T \left(1 - 2 \frac{T_c}{T_s} \right)}{n_0}} \right]$$

式中: $\operatorname{erfc}(x)$ 为误差补函数, $\operatorname{erfc}(x) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-z^2) dz$

时间误差 T_c 为随机变量, 通常可认为它服从正态分布, 假定其均方差为 σ^2 。则:

$$P_e = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_T}{n_0}} \right) + \frac{1}{4} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \operatorname{erfc} \left[\sqrt{\frac{E_T \left(1 - 2 \frac{x}{T_s} \right)}{n_0}} \right] \cdot dx$$

在中继时, 若存在时钟抖动的累积, 此时, 将 σ 用 σ_N 代替即可。由此可对采用本文介绍的方法对中继系统的性能影响进行估算。

5 结论

本文提出的 TDM/TDMA 点对多点系统中继方法充分利用了系统上下行信号的特点, 电路结构简单, 具有极好的抗上行时钟抖动性能。实践表明, 在须插入多级中继的时分多址通信系统中, 该中继电路系统具有很好的实用性。

参考文献:

- [1] 李承权. 微波一点多址通信[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1993.
- [2] 郭世满, 叶奔和, 钱德馨. 数字通信——原理、技术及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1994.
- [3] Owen, Frank. PCM and Digital Transmission Systems[M]. New York: McGraw-Hill, 1982.
- [4] 牛继烈. 数字微波接力通信系统原理与设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1989.
- [5] 姚彦, 梅顺良, 高葆新. 数字微波中继通信[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1990.

A Relay network design for TDM/TDMA communication systems

ZHOU Guo-an¹, LI Ming-wei²

(1. The Missile Institute, AFEU., Sanyuan, 710038, China;

2. Unit 86606 of the People's liberation Army, Tianjin 300270, China)

Abstract: The signal characteristics of TDM/TDMA communication systems are analyzed and the difficulties of relay networks are studied. Then a simple useful solution approach is put forward, the constitution and principle of the circuit are introduced, and the performances of the system are analyzed.

Key words: PTMP communication; relay communication systems; TDMA