

扩频电源总线火灾探测与联动控制系统¹

吴龙标 丁晓兵

(中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室 合肥 230027)

摘 要 本文提出一种基于电源线作为信号传输总线的火灾探测与联动控制系统。该系统把扩频通信技术应用与火灾探测与联动控制系统, 利用扩频技术的低密度功率谱、强抗干扰性等特点, 减小了一般仅用 FSK 或 ASK 方式调制的利用电源线系统作为通信信道系统误码率高的缺点, 本文对扩频通信的误码率做了分析。

关键词 火灾探测与联动控制系统, 扩展频谱通信, 伪随机编码, 码分多址

中图分类号 TN929.5

1 引言

深入研究目前的火灾探测与联动控制系统的总线传输技术, 已从多线制火灾探测系统发展到目前较为先进的二总线地址编码系统。总线数目的减少, 是目前火灾探测与联动控制系统的-一个发展趋势。利用先进的电子技术, 寻求更简洁的总线传输技术, 这对于推动火灾探测与联动控制设备的完备和发展, 具有重要意义。

现代建筑内, 无处没有交流电源线, 这使得利用电源线传输信号成为很经济方便的手段。利用电源线作为信号传输总线, 对于室内火灾探测与联动控制系统是一大创新。利用电源线作通信信道, 有很大困难, 主要是多种不同类型的电源线对信号所呈现的特性阻抗和衰减常数不大相同; 用电负载有不同的特性, 如呈阻抗的电灯、电热器, 呈感性的荧光灯、变压器, 呈容性的电容器等, 负载情况也在经常发生变化。

2 扩展频谱通信

扩频增益决定对窄带噪声有内在的抑制作用, 文献 [1] 中分析了输出噪声的功率约为输入噪声功率的 $1/N$ (N 为扩频增益, 即扩频码长), 可见当我们选取了合适的扩频序列后, 就能很好地抑制噪声的干扰。我们还可以通过数字滤波的方法抑制窄带干扰提高系统性能, 其原理是因为扩频后信号的频谱较为平坦, 由此可以预测传输过程中所附加的窄带噪声, 文献 [2-4] 对此进行了分析。我们在文献 [4] 的基础上分析其误码特性。系统模型如图 1 所示:

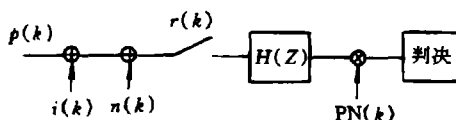


图 1 系统传输模型

系统接收信号为

$$r(k) = p(k) = i(k) + n(k), \quad (1)$$

¹ 1996-08-09 收到, 1996-12-03 定稿

$\{r(k)\}$ 表示值为 $\{+1, -1\}$ 的序列, $\{i(k)\}$ 表示窄带干扰序列, 是均值为 0、方差为 $\rho_i(k)$ 的平稳随机过程, $\{n(k)\}$ 表示 0 均值白噪声序列, 方差为 $\rho_n(k)$, 即 σ_n^2 。

$h(l)$ 是阶数固定为 K , $h(0) = 1$ 的滤波器, 输入为 (1) 式, 则输出为

$$y(k) = \sum_{l=0}^K h(l)r(k-l), \quad (2)$$

记为

$$y(k) = p_0(k) + i_0(k) + n_0(k). \quad (3)$$

$y(k)$ 信号送入 PN 相关器则

$$U = \sum_{k=1}^L y(k)p(k). \quad (4)$$

L 是每个信息数据取样数, 即扩频增益

$$\begin{aligned} U &= \sum_{k=1}^L p(k)p_0(k) + \sum_{k=1}^L p(k)i_0(k) \sum_{k=1}^L p(k)n_0(k) \\ &= U_1 + U_2 + U_3. \end{aligned} \quad (5)$$

可求得

$$E(U_1) = L, \quad E(U_2) = E(U_3) = 0, \quad (6)$$

而且

$$\text{Var}(U_1) = L \sum_{j=1}^K h^2(j), \quad (7)$$

$$\text{Var}(U_2) = L \sum_{j=1}^K \sum_{k=0}^K h(j)h(k)\rho_i(j-k), \quad (8)$$

$$\text{Var}(U_3) = L \sum_{j=1}^K \sum_{k=0}^K h(j)h(k)\rho_n(j-k) \quad (9)$$

和

$$\text{Cov}\{U_i, U_j\} = 0. \quad (10)$$

故系统输出信噪比为

$$\text{SNR} = \frac{E(U)}{\text{Var}(U)} = \frac{L}{L \sum_{j=1}^K h^2(j) + L \sum_{j=0}^K \sum_{k=0}^K h(j)h(k)[\rho_i(j-k) + \rho_n(j-k)]}. \quad (11)$$

无滤波器时, 即 $h(0) = 1$, $h(j) = 0$, $j = 1, 2, \dots$,

$$\text{SNR}_{\text{No}} = L/(\rho_i(0) + \rho_n(0)) = L/(\rho_i(0) + \sigma_n^2). \quad (12)$$

故直接扩频通信信息数据解调的误码率为

$$P_e = \text{erfc} \left[\sqrt{\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{out}}} \right] = \text{erfc} \sqrt{\frac{L}{L \sum_{j=1}^K h^2(j) + L \sum_{j=0}^K \sum_{k=0}^K h(j)h(k)[\rho_i(j-k) + \rho_n(j-k)]}}. \quad (13)$$

没有滤波器时的误码率为

$$P_e = \text{erfc}[L/(\rho_i(0) + \sigma_n^2)], \quad (14)$$

其中 $\text{erfc}(x)$ 为互补误差函数。可见无滤波器时系统的误码率特性与 BPSK 调制时一样, 有最小的误码率特性, 而且当我们选取了合适的滤波器后, 还能大大提高系统的特性。文献 [5] 中利用非线性滤波器在信号送入相关器之前对其进行滤波, 经计算机仿真表明能够改善系统的性能。

3 扩频电源线火灾探测与联动控制系统

电源线上除 50Hz 的交流电外, 还存在不同来源的多种电磁干扰, 窄带的宽带的都有。电源线上千公里长的线路中, 各种不同的电磁信号都会以电磁干扰形式出现在电源线上。但室内电源线上的干扰频谱以 40kHz 以下的最为严重。因此信号传输频谱下限应高于 40kHz, 上限频率可延伸到广播中波段低端。电源线的特性阻抗在 $50 \sim 60\Omega$ 之间, 对传输信号的衰减较大。家庭的电源线一般 100m 的衰减约为 10dB 左右, 而工厂和实验室大约 20m 就可高达 20dB。在这种通信信道上, 扩频通信技术显示了很强的抗干扰能力: 信号能低功率密度传送 (可降低误码率), 又可实现码分多址 (CDMA), 是应用于室内电源线总线火灾探测与联动控制系统的较好的通信技术。

扩频电源总线火灾探测与联动控制系统由计算机智能探测与定位系统、喷淋系统、联动控制系统、自动通信系统、集中控制显示及通讯接口控制系统五个部分组成, 如图 2 所示。

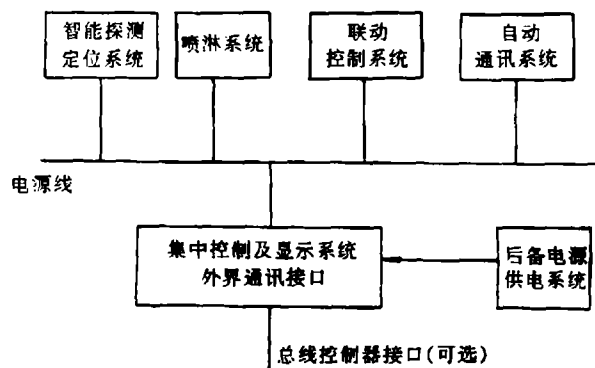


图 2 扩频电源线总线火灾探测与联动控制系统原理图

4 结 语

扩频电源线传输是一种很好的应用于火灾总线探测与联动控制系统的方式,是火灾探测与联动控制系统的发展方向之一。随着技术的日益成熟,它走向实用化时,将显示出强大的技术优势,产生很大的经济效益。

参 考 文 献

- [1] 朱近康. 扩展频谱通信及其应用. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1993, 21-27.
- [2] Frank M H, Arthur A G. Digital whitening techniques for improving spread spectrum communication performance in the presence of narrowband jamming and interference. IEEE Trans. on COM, 1978, COM-26(2): 209-216.
- [3] Loh-Ming Li, Milstein L B. Rejection of pulsed CW interference in PN spread-spectrum system using complex adaptive filters. IEEE Trans. on COM, 1983, COM-31(1): 10-20.
- [4] Ketchum J Proakis J K. Adaptive algorithms for estimating and suppressing narrowband interference in PN spread-spectrum system. IEEE Trans. on COM, 1982, COM-30(5): 913-924.
- [5] Rusch L A, Poor H V. Narrowband interference suppression in CDMA spread spectrum communications. IEEE Trans. on COM, 1994, COM-38(7): 1969-1979.
- [6] 北京中安集团. ZA6000 地址编码两总线模拟量火灾探测报警与消防联动控制系统工程设计资料, 北京: 1996.

WIRE BUS USING SPREAD SPECTRUM SYSTEM FOR FIRE DETECTION AND EXTINCTION

Wu Longbiao Ding Xiaobing

(University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

Abstract This paper is devoted to the system for fire detection and extinction which uses power line as bus. And the spread spectrum technology is introduced to the system for fire detection and extinction. According to the low power density and high interference suppression characteristic of the spread spectrum communication system, it can decrease the high error code rate of the system which only uses FSK or ASK modulation method. The characteristic of error code probability in this system is analyzed.

Key words System for fire detection and extinction, Spread spectrum communication system, Pseudorandom (PN) sequence, Code division multiple access

吴龙标: 男, 1939 年生, 研究员, 主要从事火灾探测与控制系统、神经网络、多媒体技术方面的研究和应用工作。

丁晓兵: 男, 1973 年生, 通信与电子系统专业研究生。