

LED 照明システムにおける PN 符号を用いた電力線搬送通信

The power line communication using the PN code in the LED lighting system

○林尚史¹ 白井志郎² 細野裕行³*Takashi Hayashi¹ Shirou Shirai² Hiroyuki Hosono³

Abstract: In this report, we study the Power Line Communication that used the PN code in the LED lighting system. The system modulates the power supply directly. And the PN code, so as to suppress the influence of noise. In its communication method, the system have adversely affected by other equipment. Therefore, we have proposed a method of shifting the modulation start time anew. We evaluated the reliability of the noise and speed of communication by the analysis.

1. まえがき

現在、節電に資する省エネルギー対策として、白熱灯より消費電力の少ない LED ランプへの交換需要が高まっている[1]。LED 照明システムには、消費電力を抑えるため、太陽光が照射される窓側の LED ランプの明るさを電力線を使って調節する製品がある。しかし、一般に電力線には様々な機器を接続するため、稼働状況によってはノイズが発生し、通信に悪影響をおよぼす場合がある。さらに、ノイズの影響を緩和し、通信の信頼性を上げるため通信に時間がかかってしまう、という問題点がある。

そこで本報告では、LED 照明システムにおける電力線搬送通信の高速化と、雑音に対する信頼性の評価をおこなう。

2. PN 符号

PN 符号とは、+1 と-1 の値を、疑似ランダムにとる方形波である。PN 符号は、

- ・他の信号との相互相関が小さい。
- ・同じ信号に対して鋭い相関を持つ。
- ・信号がランダムで周期が長い。
- ・符号長が長いほど相互相関値が低い。

といった特徴がある[2]。また PN 符号には数種類の系列があるが、上記の 4 つの特徴を満たす M 系列 (Maximum-length sequence:最大周期系列)と呼ばれる符号がある。M 系列はシフトレジスタを用いて生成するため、信号に周期が現れ、復調時にこの周期性を利用できる[3]。

3. 変復調方式

従来の変調には、商用電源を想定し、電圧 100 V、周波数 50 Hz の搬送波に対して PN 符号を用いる。符号が 1 のときは電圧を 0 V に落とし、0 のときはそのままの電圧とする。搬送波をスタートビット 1 bit と PN 符号 7 bit の合計 8 bit の符号で変調する。Fig.1 に変調後の信号波を示す。変調開始時刻を搬送波振幅ピーク時(5 ms)とし、1 bit あたりの変調時間を 0.25 ms とする。

変調に用いた符号は 1101-0011 である。Fig.2 に、変調後の信号に 20 dB の白色雑音を付加した信号波を示す。

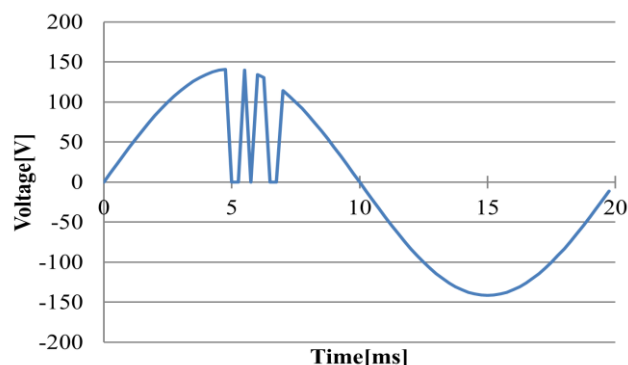


Fig.1 The modulated signal (7 bit)

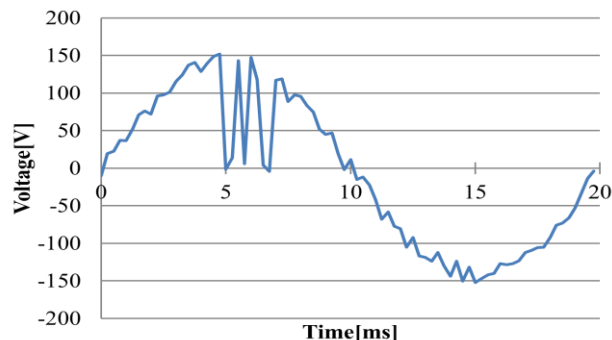


Fig.2 Modulated signal obtained by adding white noise

従来の復調は、搬送波から受信信号との差をとり、最下位 bit における変調前の電圧値の半分を閾値として設定し、設定する。閾値以上を 1、閾値未満を 0 として復調する。復調された信号は相関器を通して 7 種類の PN 符号から 1 つに判別される。この相関器は、位相を 1 bit ずつ周期的にずらし、受信した PN 符号と一致したときに、高レベルの相関値が出力される。これは PN 符号の周期性と、自己相関が鋭く相互相関が小さいという特徴している。

しかし、この変調方式では SNR(Signal Noise Ratio) 対 BER(Bit Error Rate)特性が悪いため、変調開始時刻を搬送波振幅ピーク時を中心として変調できるように変調開始時刻をずらす方式を提案する。

4. 結果

Fig.3 に変調開始時刻をずらしたときの 7 bit の信号波形を示し、開始時刻を搬送波振幅のピーク時である 5 ms と、この開始時刻をずらした場合の SNR 対 BER 特性を得る。変調に用いた符号は 1101-0011 である。開始時刻は、変調をかける符号の 4 bit 目と、搬送波振幅のピーク値を同期させて変調するため、4 ms とする。

Fig.4 に PN 符号を 15 bit として変調し、開始時刻をずらした場合の信号波形を示す。使用した符号は 1101-0110-0010-1100 である。7 bit のときと同様に、開始時刻を 5 ms から、符号の 8 bit 目と搬送波振幅のピーク値を同期させた 3 ms にずらしたときの SNR 対 BER 特性を得る。

Fig.5 に、PN 符号が 7 bit のときの振幅のピーク時を開始時刻にしたものと、開始時刻をずらしたものととの SNR 対 BER 特性の比較を示す。Fig.5 より、開始時刻をずらしたときの BER が、開始時刻を電圧のピークに設定したものよりも抑えられていることがわかる。これは、閾値によって判別される、変調後の 1 と 0 の振幅が雑音の影響によって変動し、正確に判別できなかったことが原因といえる。

Fig.6 に 15 bit のときの SNR 対 BER 特性の比較を示す。Fig.6 より、同様に開始時刻をずらした場合の BER が、ずらす前の BER よりも抑えられていることがわかる。また、SNR が 10 dB において、7 bit のときに比べて 15 bit のときの BER を抑制させることができた。これは、PN 符号の特徴である符号長が長くなるほど相互相関値が低くなることに起因する。つまり、符号長を 15 bit からさらに長くすることで、BER をさらに抑えることが可能である。

5. むすび

本報告では、電力線搬送通信において通信の高速化及び雑音に対する評価をおこなった。符号長を長くすることで通信を高速化し、変調開始時刻をずらしたことで BER が減少した。しかし、この変調方式では電力変動が大きいため、LED がフリッカーを起こす。そのため、今後は変調方式を変えることで、電圧変動を抑え、上記の問題点を改善する。

参考文献

- [1] LED 照明推進協議会, "LED 照明ハンドブック", オーム社, 2011
- [2] 横山光雄, "スペクトル拡散通信システム", 科学技術出版社, 1988
- [3] 松尾憲一"スペクトラム拡散技術のすべて:CDMA から IMT-2000, Bluetooth まで", 東京電機大学出版局, 2002

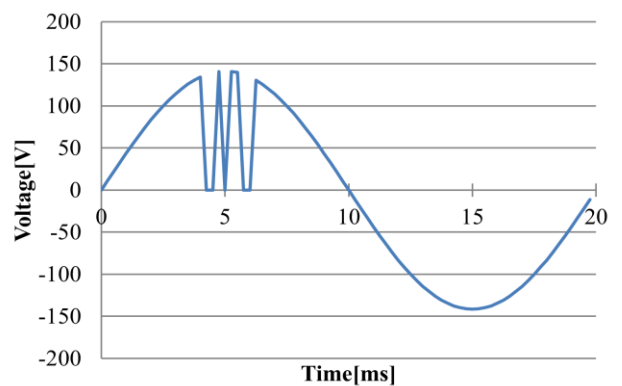


Fig.3 Shift the modulation start time (7 bit)

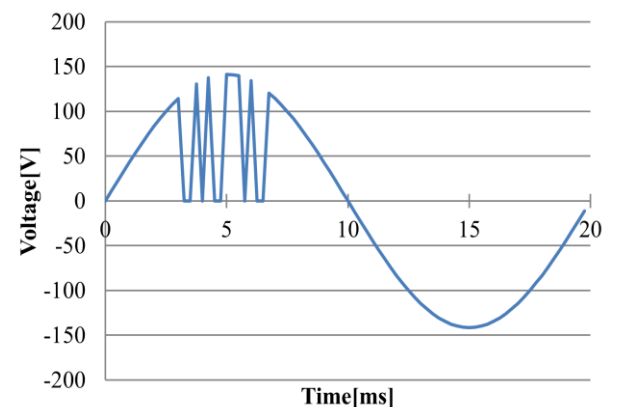


Fig.4 Shift the modulation start time (15 bit)

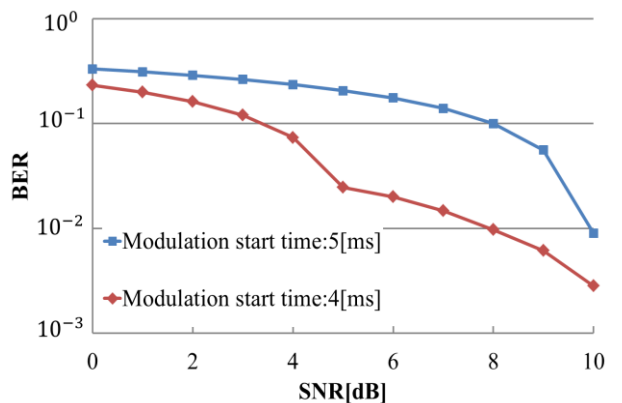


Fig.5 The characteristic of SNR-BER (7 bit)

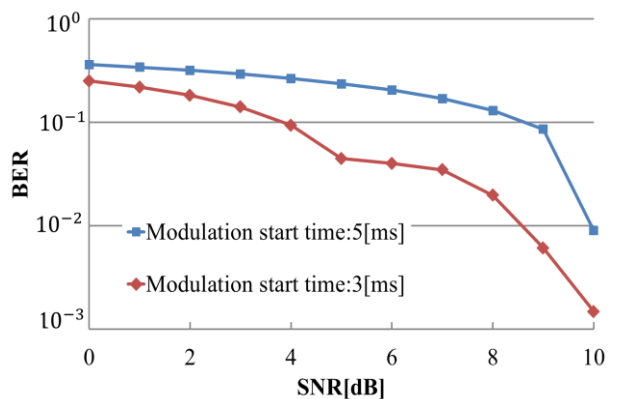


Fig.6 The characteristic of SNR-BER (15 bit)