

振幅分割によるデジタルパルス位置変調の

新しい多重化法

正 員 長谷川孝明[†] 学生員 羽渕 裕真[†]正 員 羽倉 幸雄[†] 正 員 羽石 操[†]

A Novel Amplitude Division Multiplex for Digital Pulse Position Modulation
 Takaaki HASEGAWA[†], Member, Hiromasa HABUCHI[†], Student Member,
 Yukio HAKURA[†] and Misao HANEISHI[†], Members

[†]埼玉大学工学部電気工学科, 浦和市

Faculty of Engineering, Saitama University, Urawa-shi, 338 Japan

あらまし DPPM (Digital Pulse-Position Modulation) の新しい多重化法を提案した。

1. まえがき

従来より, 単一伝送路の有効利用のため信号の多重化への要求は強く, 周波数分割多重, 時分割多重⁽¹⁾が広く用いられている。また振幅多重^{(2)~(4)}も有用な方式である。一方, 近年光通信の分野でも注目されつつあるパルス位置変調^{(5),(6)} (PPM) は小信号電力伝送, 装置の簡易性の2点で優れている。しかし PPM はその多重化に際して, パルス位置の最大偏移時に隣接フレームにパルスが落ち込むことを避ける必要があるという条件から生じる情報量の制限の問題, パルス幅制限に伴う帯域拡大などの問題がある。

このような問題の解決策として離散的な位置をとるデジタル PPM (DPPM) に対し振幅分割多重を行うことを提案するものである。本方式は, 多重化による帯域の拡大を抑え, 最大偏移条件を変えないまま多重化を実現する点に特徴がある。

2. 従来の DPPM およびその時分割多重

DPPM は搬送パルスの位置を図1のように各フレーム中のいずれかのタイムスロットに配置することにより情報を伝達する変調方法であり, その特徴としては小信号電力伝送と装置の簡易性が挙げられる。例えば小信号電力伝送の点において, 図1を例にとりパルス符号変調 (PCM) と比較した場合, 伝送速度は DPPM は 3 [bit/frame] で PCM は 8 [bit/frame] となるが,

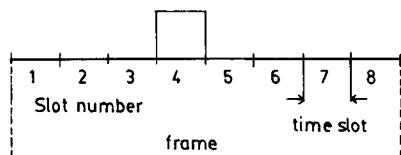


図1 8スロットのときのDPPMの信号位置

Fig. 1 Illustrative DPPM signal structure for 8 time slot per frame.

1パルス当りでは DPPM は 3 bit で PCM は 1 bit の情報量となり, 単位パルス当りの情報量は DPPM が優れている。単位パルス当りの情報量が優れていることは一つのパルスで多くの情報を持つことであり, 小電力化につながる。光通信分野においては, PPM は各フレームのある一つのスロットに光パルスを割り当てることになる。つまり, この特徴は1フレームにおける発光素子の発光時間短縮となり, 消費電力低減が可能となる。また, 将来予想される比較的広帯域で, 送信電力制限のあるような深宇宙への通信において有効である。また, 復号を行うときスレッショルド回路で判定するため装置の簡易性も認められる。

従来の PPM 信号の時分割多重は同一線路を時間的に分割し, パルスとパルスの間の使用していない時間に別のパルスをおくことにより多重する方法である。すなわち, 源 PPM 信号をフレームごとに取り出し時分割で埋め込んでいく方法であった。この場合, 最大偏移パルスは隣接の割当時間区間に落ち込まないようにしなければならず時間区間の浪費が大となり, またパルス幅を細くして多重化効率の増大をはかれば帯域幅の増大をきたす⁽¹⁾。帯域拡大は, 通常の電気通信においてばかりでなく, 光ファイバ通信でさえ問題視されているところである。それゆえここで帯域拡大をせずに多重化を行う方法が要求される。

3. 振幅多重を用いた DPPM の新しい多重化法

本方式は, それぞれの情報源出力に対し異なった振幅を割り当てることによって多重化を行う方式であり, 図2にそのシステム構成を示す。情報は DPPM 化

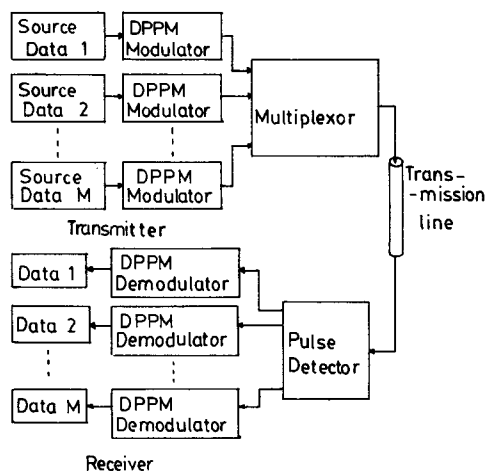


図2 M重システム構成

Fig. 2 Structure of the M-plex system.

され、情報源ごとに異なる振幅を割り当て、同一フレーム上で多重化を行うものである。受信側では、複数のスレッシュホールドを設け各情報源のパルスを検出する。以下に2重化および3重化の具体的なシステムについて述べる。

3.1 DPPM2重化システム

DPPM 2重化送受信システムの各部の信号を図3(a), (b)に示す。二つ情報源からのデータパルスを同一フレーム上に配置する。#1のパルスと#2のパルスが重なったときは大きなパルス#1で代表させるものとする。受信側では1フレーム中に#1のパルスしかない場合は#1、#2のパルスが重なっていると判断する。

受信部における受信回路構成を図3(c)に示す。まず多重化された受信パルスに2種のスレッシュホールドを設ける。このとき高い方をTH1、低い方をTH2とする。入力パルスとTH1、TH2をそれぞれコンパレータ(CP1, CP2)で比較し、それぞれの出力を組み合わせることでAND回路に入れることによりパルスを抽出する。抽出されたパルスは各DPPM検波器通過後、決定回路(例えば#1=1st, #2=0のとき#1=#2=1st)

に入力され、重なりを1フレームごとに判定し、それぞれ#1、#2の情報列を再現する。また自動利得制御(AGC)は各フレームに毎回最大パルス#1が出現するので、そのパルスのピーク値に対し動作させる。

3.2 DPPM3重化システム

DPPM 3重化受信システムの各部の信号を図4(a)に示す。2重化法と同じくそれぞれの情報のフレーム同期を仮定する。パルスが重なった場合、2重化法と同じく他のパルスで代表させる方法をとる。表1にパルスが重なった場合の規約を示す。ここで#1と#3のパルス、#1と#2と#3のパルスが重なった場合どちらも#1のパルスで代表させているが、仮定としてフレーム同期を考えているのでそのフレーム中のパルスが#1のみであれば#1と#2と#3のパルスが、また#1と#2のパルスがあれば#1と#3のパルスが重なっているものと判断可能な訳である。

受信回路構成を図4(b)に示す。これは原理的には2重化法の拡張である。AGCは最大パルス#1のピーク値に対し行う。表1よりパルスが重なったとき(例えば、#1と#2のパルス)最大振幅パルス#1が出現しない場合もあるがこのような場合は確率的に低いこ

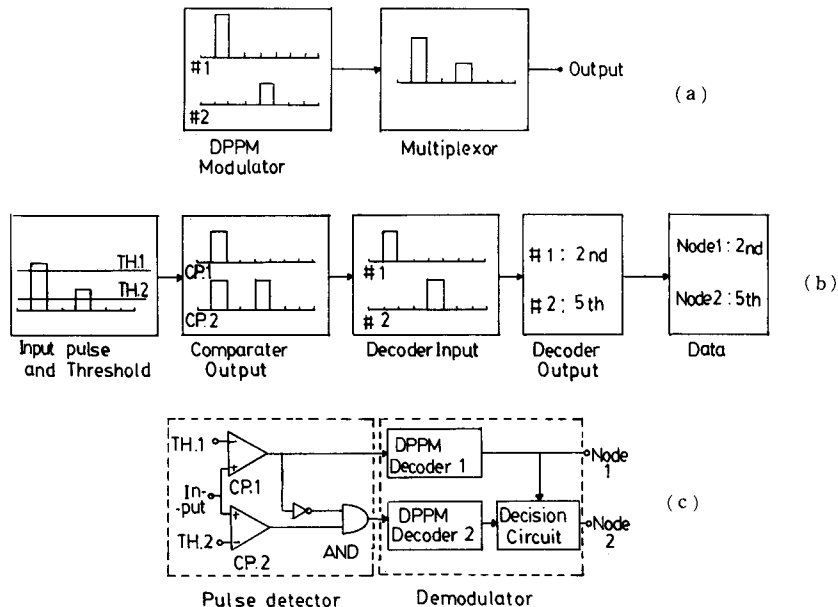


図3 (a) 送信部の信号 (2重化)
(b) 受信部の信号 (2重化)
(c) 受信部構成 (2重化)
Fig. 3 (a) Signals in transmitter ($M=2$)
(b) Signals in receiver ($M=2$)
(c) Receiver structure ($M=2$)

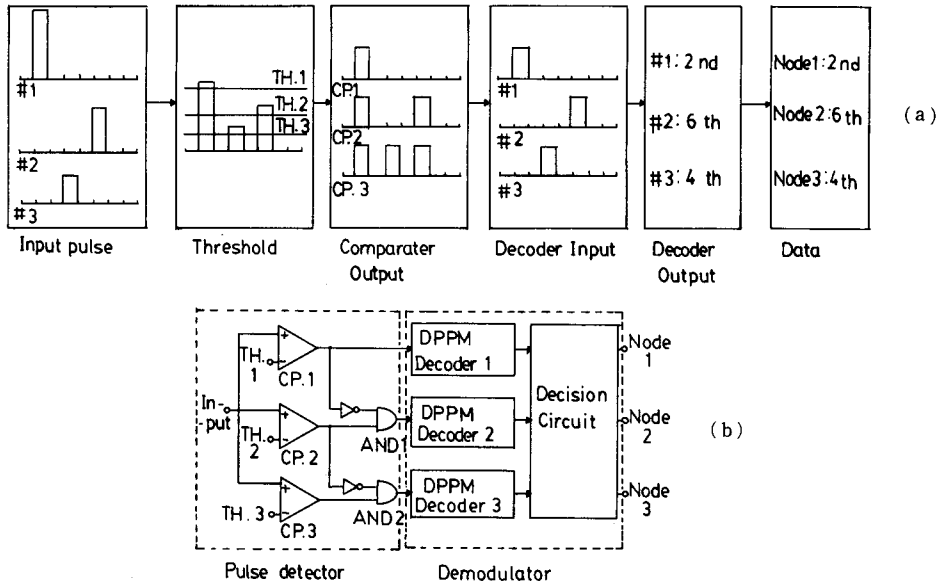


図4 (a) 受信部の信号 (3重化)
(b) 受信回路構成 (3重化)
Fig. 4 (a) Signals in receiver ($M=3$)
(b) Receiver structure ($M=3$)

表1 パルスが重なったときの規約

重なったパルス			代表パルス
#1	#2	#3	
○	○	/	#2
○	/	○	#1
/	○	○	#3
○	○	○	#1

と、また AGC の時定数を大きくとることの 2 点より十分対処できるものと考えられる。

4 重化以上のシステムは現在検討中であるが、本多重化方式は帯域の増大を望めない伝送路における DPPM の多重化を可能ならしめ、簡易に 2~3 倍の情報を伝送することが約束される多重化システムとして有効な一手法であり、広範囲な利用が期待される。

4. 誤り率の比較

DPPM, 2 重化 (#1, #2) および OOK (On-Off keying) の誤り率特性の比較をコンピュータシミュレーションにより行った。その一例を図 5 に示す。但し、ここでは各受信機とも各スロットごと (OOK の場合は各ビットごと) に積分放電を行い、DPPM および #1 では最大値判定を行っている。1 フレーム 8 スロット、パルス幅 $1[\mu\text{s}]$ とし、同期は完全にとれているものと

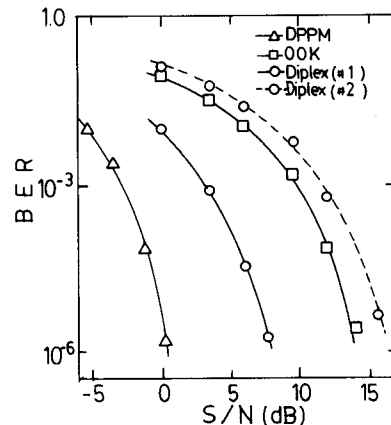


図5 信号対雑音比に対する誤り率特性の比較
Fig. 5 Comparison of Bit Error Rates

した。ここでは帯域は同一であるので、DPPM は $3/8[\text{bit/slot}]$, 2 重化の場合は $(3/8) \times 2[\text{bit/slot}]$, OOK は $1[\text{bit/slot}]$ である。ここでは 2 重化の場合は #1 と #2 の電力比を 4 対 1 としたが、この比率は #1, #2 に相対的に要求される誤り率により自由に設定できるものである。

5. むすび

DPPM の多重化法として振幅分割多重を提案し、2 重化法および 3 重化法について具体的に述べた。本多

重化法は帯域幅を広げず、装置も簡単であることに特徴がある。本方式を光通信に適応することを現在検討しており、これについては別途報告する予定である。

文 献

- (1) AT & T ベル研究所, 山口, 中込監訳: “情報通信システム”, pp. 118-128, ラティス (昭 59-07).
- (2) 斉藤, 中川: “アナログ信号とデジタル信号の簡易混合伝送方式”, 信学論(B), **J65-B**, 1, pp. 86-93 (昭 57-01).
- (3) 大上, 大竹: “直流平衡 mB-nB 符号を用いたアナログ, デジタル振幅多重通信方式”, 信学論(B), **J66-B**, 12, pp. 1470-1477 (昭 58-12).
- (4) 日下部, 中川: “光通信のためのパルス化アナログ信号とデジタル信号の簡易多重化方式”, 信学論(B), **J69-B**, 9, pp. 914-920 (昭 61-09).
- (5) J. R. Pierce: “Optical channels: Practical limits with photon counting”, IEEE Trans. Commun., **COM-26**, 12, pp. 1819-1821 (Dec. 1978).
- (6) J. B. Abshire: “Performance of OOK and low-order PPM modulations in optical communication when using APD-based receivers”, IEEE Trans. Commun., **COM-32**, 10, pp. 1140-1143 (Oct. 1984).
(昭和 61 年 12 月 25 日受付, 62 年 5 月 19 日再受付)