

研究速報

光通信 PPM の新しい多重化法

准員 羽瀧 裕真[†] 正員 長谷川孝明[†]
 正員 羽倉 幸雄[†] 正員 羽石 操[†]

A Novel Multiplex for the Optical PPM Channel
 Hiromasa HABUCHI[†], Associate Member, Takaaki HASEGAWA[†], 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 光通信 PPM(Pulse Position Modulation)の新しい多重化法を提案し, 特に, 2 重化法について述べ, ショット雑音が支配的な場合の誤り率の計算を行う。

1. まえがき

近年, 情報量の増大にともない多重化への要求は強まっている⁽¹⁾⁻⁽³⁾. 1978 年の Pierce⁽⁴⁾の論文発表以来, 光通信分野^{(7),(8)}で PPM が注目されている. PPM は小電力伝送等の利点があるが, 多重化に問題がある。

この問題の解決策として著者らはデジタルパルス位置変調(DPPM)に対し振幅分割する多重化法を提案している⁽⁶⁾. 本稿ではこれを光通信システムに適用し⁽⁵⁾, 性能評価を 2 重化の場合について行った。

2. 2 重化システム構成⁽⁵⁾

本方式は, それぞれの情報を DPPM 化し, 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方式である. そのシステム構成を図 1 に, 多重化された信号を図 2 に, 受信機モデルを図 3 に示す. 多重化パルスが重なったときは大パルスで代表させ, 受信側では 1 フレーム中に大パルスしかない場合はパルスが重なっていると判断するものとする. 更に, 以後#1 を大パルス, #2 を小パルスとする。

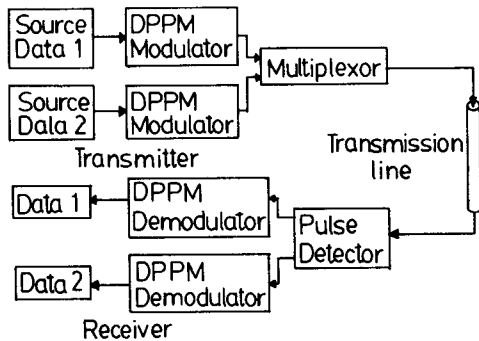


図 1 システム構成
 Fig. 1 Structure of Duplex system.

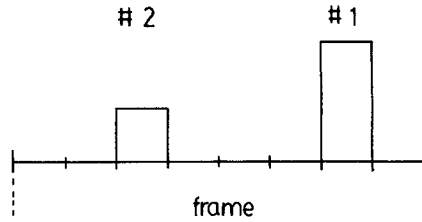


図 2 多重化信号
 Fig. 2 Multiplexing signal.

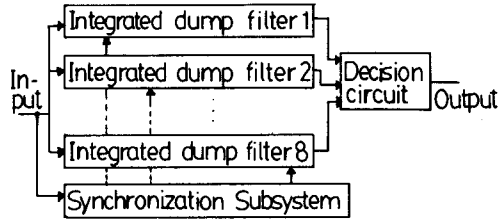


図 3 受信機モデル
 Fig. 3 Receiver model.

3. ショット雑音が支配的な場合のシステムの性能評価

コヒーレント状態, 正確な同期, 図 4 に示す非対称通信路を仮定する. 一方, 回路を低温状態にすることにより熱雑音は無視できる. しかし, 無視できない雑音としてショット雑音がある. ショット雑音は式(1)のようにポアソン過程で表される。

$$P(n) = \frac{\langle k \rangle^n}{n!} \exp(-\langle k \rangle) \quad (1)$$

但し, $\langle k \rangle$ は送信光子数, n は受信光子数である. 表 1 に場合分けされた 2 重化の誤り率を示し, 図 5 に #1 と #2 のパワー比をパラメータとした各チャンネルのビット誤り率を示す. ここで, 1 フレームのスロット数は 8 とした. #1 と #2 のパワー比を変えることにより各チャンネルの誤り率を相対的に変えることができることが分かる. パワー比が 2 : 1 では両チャンネルがほぼ同じ誤り率を示し, 4 : 1, 10 : 1 になるに従い大パルス(#1)は誤り率が単調に小さくなっていく. これに対し, 小パルス(#2)は誤り率が減少したあと, 10 : 1 で増加がみられる. これは通信路の非対称性のためである. 本方式は総合誤り率は #2 の誤り率が支配的となり DPPM より劣るが, #1 と #2 のパワー比を上げることにより #1 の誤り率を低く抑えることが可能となる. また, 単位フレーム当りの情報量に優れ, 各チャンネルに要求される誤り率を相対的に変化できる特長を持っている. 更にこの点を明確にするために図 6 に #1 と #2

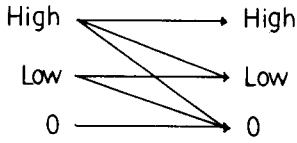


図4 非対称通信路
Fig. 4 Asymmetry channel.

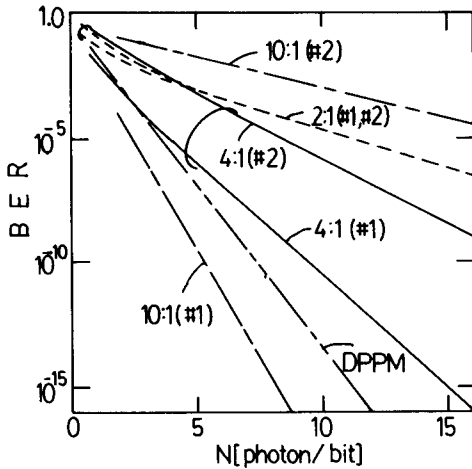


図5 各チャネルの誤り率
Fig. 5 Bit error rates of Duplex channels.

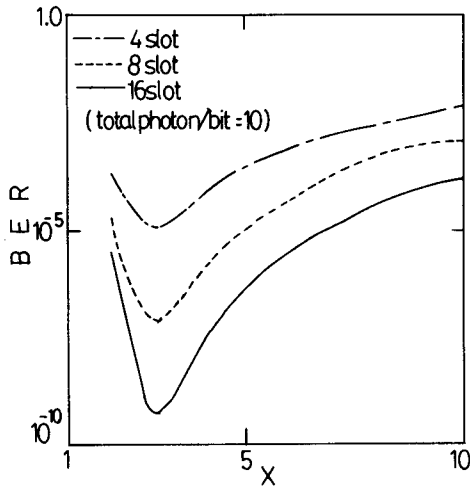


図6 #1と#2のパワー比率に対する誤り率
Fig. 6 Bit error rate versus X, where X means #1/#2 ratio (total photon/bit=10).

のパワー比 X に対する小パルス (#2) のビット誤り率を示す。但し、送信光子数 [photon/bit] は 10 に固定しておき、1 フレーム当りのスロット数を 4, 8, 16 の場合を示す。 $X \approx 3$ でいずれの場合も誤り率が最小

表 1 場合分けされた誤り率

	大パルス (#1)	小パルス (#2)
光子数	N_1	N_2
パルスが重ならないとき	$P_1 = P(N_1 \leq N_2)$	$P_2 = P(N_1 \leq N_2, N_1 \neq 0) + P(N_2 = 0)$
パルスが重なるとき	$P_3 = P(N_1 = 0)$	
誤り率	$P_L = (7/8) \cdot P_1 + (1/8) \cdot P_3$	$P_S = (7/8) \cdot P_2 + (1/8) \cdot P_3$

値をとることが分かる。これらより #1 と #2 のパワー比が約 3 : 1 のとき総合誤り率も最小となることが分かる。

4. むすび

振幅分割による光通信 PPM の新しい多重化法を提案し、2 重化におけるショット雑音が支配的な場合の誤り率を理論により求めた。本多重化法は #1 と #2 のパワー比を変えることにより各チャネルの誤り率を相対的に変えることができることを特長とし、また #1 と #2 のパワー比が約 3 : 1 のとき総合誤り率が最小となることが分かった。

文 献

- (1) 中川, 広田: “光系における強度多重通信の提案”, 信学技報, **OCT-86** (1986-04).
 - (2) 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).
 - (3) 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).
 - (4) J. R. Pierce: “Optical channels: Practical limits with photon counting”, *IEEE Trans. Commun.* **COM-26**, 12, pp. 1819-1821(Dec. 1978).
 - (5) 羽瀨, 長谷川, 羽倉: “光通信 PPM の新しい多重化法の研究”, 信学技報, **OCT-87**(1987-06).
 - (6) 長谷川, 羽瀨, 羽倉, 羽石: “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”, 信学論(B), **J70-B**, 10, pp. 1263-1266(昭 62-10).
 - (7) 滑川, 森永監訳: “光通信システム”, マグロウヒル(昭 58-04).
 - (8) 広田修: “光通信理論”, 森北出版(1985).
- (昭和 62 年 7 月 10 日受付, 9 月 2 日再受付)